

**ANÁLISIS DE REDES PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RUTA ÓPTIMA DE  
ZONAS DE SERVICIO DE PRODUCTOS LÁCTEOS EN EL ÁREA URBANA  
DEL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ**



**JUAN DAVID GUARÍN GONZÁLEZ  
JUAN MANUEL OLARTE ORTÍZ**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
TECNOLOGÍA EN CARTOGRAFÍA  
FUSAGASUGÁ**

**2015**

**ANÁLISIS DE REDES PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RUTA ÓPTIMA DE  
ZONAS DE SERVICIO DE PRODUCTOS LÁCTEOS EN EL ÁREA URBANA  
DEL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ**

**JUAN DAVID GUARÍN GONZÁLEZ**

**JUAN MANUEL OLARTE ORTÍZ**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE TECNÓLOGO EN CARTOGRAFÍA.**

**DIRECTOR DEL PROYECTO:**

**Ing. Topográfico JUAN RICARDO BARRAGÁN  
Especialista en SIG  
Magister en GEOMÁTICA**

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
TECNOLOGÍA EN CARTOGRAFÍA  
FUSAGASUGÁ**

**2015**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

---

**JUAN RICARDO BARRAGÁN**

**Director de proyecto**

---

**GABRIEL SANCHEZ PUIN**

**Jurado**

---

**GIOVANNI AVENDAÑO**

**Jurado**

## DEDICATORIA (JUAN GUARÍN)

*Este trabajo está dedicado a mi familia, de manera especial a mi mamá Luz Mery González y mi papá Juan pablo Guarín, quienes fueron hincapié para iniciar este camino rumbo a la profesión de cartógrafo.*

## DEDICATORIA (JUAN OLARTE)

*Dedico es te proyecto a mi familia y a Dios que me ha ayudado con todas las cosas, Especialmente a mi madre y a mi padre que han estado siempre apoyándome en las decisiones que he tomado, a mis hermanos y a la persona que ya no está. Mi abuelito que desde arriba me vigila.*

## AGRADECIMIENTOS (JUAN GUARÍN)

*Agradezco primero al creador, ya que sin el nada de esto sería posible, a mis padres por su apoyo tanto moral, como económico, ya que no me dejaron desfallecer ni en los peores momentos, a mis compañeros que me acompañaron durante este gran camino y que en algún momento me ayudaron a sortear los inconvenientes, al director de proyecto, el ingeniero Juan Ricardo Barragán que fue un pilar importante en el desarrollo de este proyecto y feliz término del mismo ,agradezco de igual manera al ingeniero Sócrates Cardona Giraldo, quien fue una gran ayuda y soporte con sus conocimientos y aportes para la culminación del proyecto, a mi compañero de trabajo Juan Manuel Olarte, con quien se pasó las duras y las maduras durante este proceso, a Freddy Huertas, dueño de la distribuidora h, quien permitió el uso de sus rutas y dispuso de sus carros y tiempos para lograr así la implementación del proyecto, al movimiento estudiantil que fue un motor vital para llevar a feliz término mi carrera, y finalmente a la Universidad de Cundinamarca que me dio la oportunidad de formarme como profesional en sus aulas.*

## AGRADECIMIENTOS (JUAN OLARTE)

*Agradezco a mi director de tesis Juan Ricardo Barragán que confió en nosotros y también a mis amigos que me ayudaron y al amigo con que hice este proyecto.*

## TABLA DE CONTENIDO

1 RESUMEN EJECUTIVO .....	11
2 INTRODUCCIÓN .....	12
3 OBJETIVOS.....	14
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	14
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
4 MARCO DE REFERENCIA .....	15
4.1 MARCO TEÓRICO .....	15
4.2 MARCO CONCEPTUAL .....	16
4.2.1 Análisis espacial. ....	16
4.2.1 Red. ....	16
4.2.3 Nodo. ....	16
4.2.4 Arco. ....	16
4.2.5 Impedancia de Distancia. ....	16
4.2.6 Impedancia de Tiempo. ....	17
4.2.7 Análisis de redes. ....	17
4.2.8 Ruta óptima. ....	17
4.3 MARCO ESPACIAL.....	17
4.3.1 Datos Generales.....	17
4.3.2 Localización .....	18
4.3.3 Extensión y límites.....	18
5 DISEÑO METODOLÓGICO .....	19
6 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO .....	22
6.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.....	23
6.2 DESCRIPCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN.....	24
7. CÁLCULO DE COSTOS GENERALES .....	25



7.1 MEDIDAS EN km Y PRECIOS ESTÁNDARES.....	25
7.2 ECUACIONES Y CÁLCULOS ESTÁNDARES DE COSTOS DE OPERACIÓN DEL VEHÍCULO .....	28
8. ANÁLISIS DE LAS RUTAS .....	31
8.1 ANÁLISIS DE LA RUTA DEL DÍA VIERNES.....	33
8.1.1 Cálculo de costos variables ruta viernes.....	35
8.2 ANALISIS DE LA RUTA DEL DÍA SABADO .....	39
8.2.1 Cálculo de costos variables ruta sábado.....	42
9 RESULTADOS .....	46
10 OTROS ANÁLISIS Y PRODUCCIONES CARTOGRÁFICAS .....	52
11. CONCLUSIONES.....	56
BIBLIOGRAFÍA.....	57
ANEXOS.....	60
ANEXO 1.....	60
ANEXO 2.....	71
ANEXO 3.....	74
ANEXO 4.....	74
ANEXO 3.....	76

## LISTA DE MAPAS

MAPA 1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	22
MAPA 2. LOCALIZACIÓN DE CLIENTES	31
MAPA 3. LOCALIZACIÓN DE LOS CLIENTES VIERNES	32
MAPA 4. RUTA VIERNES REALIZADA POR LA EMPRESA	33
MAPA 5. RUTA DISEÑADA	34
MAPA 6. LOCALIZACIÓN DE LOS CLIENTES SÁBADO	39
MAPA 7. RUTA SÁBADO REALIZADA POR LA EMPRESA	40
MAPA 8. RUTA DISEÑADA	41
MAPA 9. NÚMERO DE PARADAS POR COMUNA	52
MAPA 10. SENTIDOS VIALES (FT-TF)	55

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1.DATOS GENERALES DEL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ	17
TABLA 2. PRECIOS DE OPERACIÓN DEL VEHÍCULO	25
TABLA 3 CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR KM.	28
TABLA 4 CONSUMO DE LLANTAS POR KM.	28
TABLA 5. CONSUMO DE LUBRICANTES POR KM	29
TABLA 6. CONSUMO DE FILTROS POR KM	29
TABLA 7. COSTO DEL MANTENIMIENTO POR KM	30
TABLA 8. COMPARATIVO DE COSTOS DE COMBUSTIBLE DÍA VIERNES	35
TABLA 9. COMPARATIVO COSTOS DE LLANTAS DÍA VIERNES	35
TABLA 10. COMPARATIVO COSTOS DE LUBRICANTES DÍA VIERNES	36
TABLA 11. COMPARATIVO COSTOS DE FILTROS DÍA VIERNES	37
TABLA 12. COMPARATIVO COSTOS DE MANTENIMIENTO DÍA VIERNES	37
TABLA 13. COMPARATIVO DE COSTOS COMBUSTIBLE DÍA SÁBADO	42
TABLA 14. COMPARATIVO DE COSTOS LLANTAS DÍA SÁBADO	42
TABLA 15. COMPARATIVO DE COSTOS LUBRICANTES DÍA SÁBADO	43
TABLA 16. COMPARATIVO DE COSTOS FILTROS DÍA SÁBADO	44
TABLA 17. COMPARATIVO DE COSTOS DE MANTENIMIENTO DÍA SÁBADO	44
TABLA 18.COMPARATIVO DISTANCIAS RUTA VIERNES	46
TABLA 19. COMPARATIVO TIEMPO RUTA VIERNES.	47
TABLA 20. COMPARATIVO DISTANCIAS RUTA SÁBADO	48
TABLA 21. COMPARATIVO DE TIEMPO RUTA VIERNES	48
TABLA 22. PRECIOS DE OPERACIÓN DEL VEHÍCULO DÍA VIERNES	49
TABLA 23. PRECIOS DE OPERACIÓN DEL VEHÍCULO	50

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. COSTO TOTAL DE COMBUSTIBLE POR RECORRIDO DÍA VIERNES	35
GRÁFICO 2. COSTO TOTAL DE LLANTAS POR RECORRIDO DÍA VIERNES	36
GRÁFICO 3. COSTO TOTAL DE LUBRICANTES POR RECORRIDO DÍA VIERNES	36
GRÁFICO 4. COSTO TOTAL DE FILTROS POR RECORRIDO DÍA VIERNES	37
GRÁFICO 5. COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO POR RECORRIDO DÍA VIERNES	38

GRÁFICO 6. COSTO TOTAL DE COMBUSTIBLE POR RECORRIDO DÍA SÁBADO	42
GRÁFICO 7. COSTO TOTAL DE LLANTAS POR RECORRIDO DÍA SÁBADO	43
GRÁFICO 8. COSTO TOTAL DE LUBRICANTES POR RECORRIDO DÍA SÁBADO	43
GRÁFICO 9. COSTO TOTAL DE FILTROS POR RECORRIDO DÍA SÁBADO	44
GRÁFICO 10. COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO POR RECORRIDO DÍA SÁBADO	45
GRÁFICO 11. COMPARATIVO DISTANCIAS RUTA VIERNES	46
GRÁFICO 12. COMPARATIVO TIEMPO RUTA VIERNES	47
GRÁFICO 13. COMPARATIVO DISTANCIAS RUTA SÁBADO	47
GRÁFICO 14. COMPARATIVO TIEMPO RUTA VIERNES	48
GRÁFICO 15. COMPARATIVO COSTOS RUTA VIERNES	49
GRÁFICO 16. COMPARATIVO COSTOS RUTA SÁBADO	49
GRÁFICO 17. PROYECCIÓN RUTA VIERNES	50
GRÁFICO 18. PROYECCIÓN RUTA SÁBADO	51
GRÁFICO 19. NÚMERO DE CLIENTES POR COMUNA	53
GRÁFICO 20. PORCENTAJE DE CLIENTES POR COMUNA	53

## **LISTA DE IMÁGENES**

IMAGEN 1EL GPSMAP 76CSX	20
IMAGEN 2 LECHE ENTERA	23
IMAGEN 3 LECHE DESLACTOSADA	23
IMAGEN 4 NUTRÍ DAY	23
IMAGEN 5 M&M	23
IMAGEN 6 JUGO BOLSA	23
IMAGEN 7 KELLOGGS	23
IMAGEN 8 AVENA CANELA	23
IMAGEN 9 JUGO BOTELLA 850 ML	23
IMAGEN 10 YOGO CEREAL	23
IMAGEN 11 CREMA DE LECHE 900G	23
IMAGEN 12 CREMA DE LECHE 200G	23
IMAGEN 13 CHOCO LECHE	23
IMAGEN 26 CREACIÓN DEL NETWORK DATASET	64
IMAGEN 44 FICHA TÉCNICA MITSUBISHI CANTER	75

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 ESQUEMA METODOLÓGICO.....	19
FIGURA 2. ESQUEMA DE PARÁMETROS DE LLANTAS Y DURACIÓN EN KM.....	26
FIGURA 3. ESQUEMA DE PARÁMETROS DE LUBRICANTES Y DURACIÓN EN KM.....	26
FIGURA 4. ESQUEMA DE PARÁMETROS PARA EL CAMBIO DE FILTROS Y DURACIÓN EN KM. ....	27

## LISTA DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1. CÁLCULO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR KM RECORRIDO .....	28
ECUACIÓN 2. CÁLCULO DE CONSUMO DE LLANTAS POR KM. ....	28
ECUACIÓN 3. CÁLCULO DE CONSUMO DE LUBRICANTES POR KM. ....	29
ECUACIÓN 4. CÁLCULO DE CONSUMO DE FILTROS POR KM.....	29



## 1 RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto diagnosticó, diseñó e implementó la ruta óptima para la distribución de productos lácteos en el área urbana del municipio de Fusagasugá, y logró minimizar los tiempos y distancias de entrega y así redujo los costos que la misma conllevaba. Inicialmente identificó problema específico sobre el cual se desarrolla la idea del proyecto, a continuación se plantearon las soluciones previamente estudiadas a este problema, y finalmente se muestra y aplica la ruta diseñada para optimizar el reparto según lo requirió la empresa, todo esto previo a la comparación del antes y el después de la ruta de distribución, donde se analizó cuan óptima fue la ruta diseñada con respecto al modelo existente realizado por la empresa “DISTRIBUIDORA H”.



## 2 INTRODUCCIÓN

La necesidad de satisfacer las expectativas de los clientes es un reto cada vez mayor para las empresas; sin embargo dichas expectativas no abarcan solo el precio y la calidad de los productos, sino también la rapidez y eficacia en la entrega de los mismos. Es por esto que el proceso de distribución en el área urbana del municipio de Fusagasugá de productos lácteos (leche en bolsa, yogurt entre otros) en la empresa Distribuidora H, depende de la planificación, análisis de redes y optimización de rutas de reparto.

Los SIG hacen posible la planificación de viajes y la optimización de rutas por carretera, ferrocarril, viajes aéreos, bicicleta, transporte público o privado (SEGUÍ PONS, 2003), de igual manera facilita la proyección de rutas que optimicen diferentes variables como: el tiempo de recorrido, el coste económico, efectividad en entregas (en caso de rutas de distribución), entre otras. Teniendo como base la cartografía como ciencia encargada de ilustrar de manera gráfica (mapas) la realidad existente, en este caso malla vial, sentidos viales, las rutas implementadas y a implementar (diseño) para beneficio de la empresa y de los clientes.

El objetivo del proyecto consiste en mejorar el sistema de gestión y planificación de rutas de transporte de productos lácteos en el área urbana del municipio de Fusagasugá. Para ello, en primer lugar se conocerá y diagnosticará el sistema de rutas de transporte utilizado actualmente por la empresa Distribuidora H en el área ya mencionada; posteriormente, se plantearán rutas de transporte en función de distintos factores como tiempo, distancia entre punto de distribución y punto de entrega, prioridad de clientes, cantidad de pedido, necesidad de los clientes, según los requiera la empresa y finalmente, se implementará la ruta creada con los conceptos y análisis cartográficos pertinentes, durante un periodo de tiempo determinado, periodo durante el cual se recolectaran datos (cantidad de producto, tiempo, distancia recorrida, etc.) que permitirán realizar una comparación con el modelo de ruta existente, logrando como resultado la ruta ideal para el proceso



distribución del producto, adecuándola así para cubrir con mayor efectividad las demandas existentes en la zona.

Para la implementación de esta prueba piloto se tuvieron en cuenta dos rutas de distribución, la del día viernes que es la más extensa de todas las rutas de la semana, que comprende las comunas centro, oriental, occidental, sur oriental y norte, y la ruta del día sábado que comprende la comuna sur-occidental.



### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Analizar, planificar e implementar la ruta óptima de reparto para la empresa a través del método de análisis de redes, para la distribución de productos lácteos en el área urbana del municipio de Fusagasugá.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 3.2.1 Diagnosticar el estado actual de la ruta de distribución de la empresa Distribuidora H.
- 3.2.2 Definir la ruta óptima a implementar para mejorar la distribución del producto con la ayuda de procesos cartográficos.
- 3.2.3 Determinar la efectividad de modelo propuesto, a través de una comparación entre los resultados obtenidos y la situación inicial del proceso.





## 4 MARCO DE REFERENCIA

### 4.1 MARCO TEÓRICO

Según (ROCHE.IGNACIO, 1990) la distribución consiste en el reparto del producto (bien o servicio) en las zonas de servicio (tiendas), pero es necesario que se encuentre en el lugar y en el momento adecuado para que dicho producto se ponga a disposición del consumidor.

Según (OSPINA, 2009), toda empresa de distribución quiere tener una ruta óptima la cual consiste en minimizar los costos de operación del recorrido o ruta, para esto es necesario hacer la determinación de las distancias dentro de la red, es un sistema interconectado de nodos ( puntos de origen y destino) y arcos (se identifican con las rutas), donde pueden pasar un flujos de personas, mercancía, energía e información entre otros, estas redes tienen diferentes escalas que pueden ser local, regional y mundial.

Los modelos geográficos, agregan (Seguí, 1995), obedecen a la necesidad de simplificar la realidad donde se facilite el entendimiento de esta. Estos modelos son estructuraciones donde se realzan aspectos fundamentales.

Para realizar la ruta óptima es necesario hacer un análisis de redes donde según (Seguí, 1995) “El análisis de redes se centra en el estudio de la distancia, la accesibilidad y la interacción espacial por medio del análisis y tratamiento de los flujos y de las jerarquizaciones territoriales que estos establecen” con este análisis se puede hacer lo que agrega (Bosque, 1992), “el análisis de redes, permite plantear y resolver un amplio conjunto de problemas prácticos como son: la determinación de rutas óptimas para vehículos que deben moverse en una red de carreteras, la localización de servicios e instalaciones (por ejemplo urgencia médica) de modo eficaz en cuanto a costes de recorridos para su empleo por los usuarios, la delimitación de distritos y áreas de influencia, la asignación de caminos de distribución de un producto a los almacenes existentes, etc. (OSPINA, 2009).

Según (Barrientos, 2007) una de las preguntas más frecuentes que se pueden responder por medio de un análisis de redes en un SIG, la plantea ¿Cuál es el camino óptimo? El sistema puede calcular el camino más óptimo teniendo en cuenta sus impedancias que puede ser tiempo (es la manera fundamental para evaluar la red sus factores son: características del vehículo, el tipo de normativa que regula las velocidades máximas de los flujos, congestión vehicular, condiciones climáticas y la experticia del conductor.), distancia (permite de manera rápida tener opciones para el desplazamiento de una red vial sus factores depende de: distancia real y distancia planimétrica) y costos de traslado.

Los posibles análisis que se pueden realizar a partir de un SIG de redes incluyen las siguientes posibilidades (TOMLINSON, 2003):

El Camino más Corto: Comenzar de un nodo de origen y terminar en un nodo final para dar solución a la minimización de distancia y costos de recorrido.



Construcción de una Matriz Origen/Destino: Sus elementos son orígenes (O) y destinos (D), se construye una matriz OD donde su información es, en el tiempo de viaje o distancia desde una tienda a otra donde su solución es dar a conocer información primaria para dar un análisis de asignación de recursos, secuenciación, o procedimiento de mejora de rutas.

El Análisis del Viaje del Vendedor (Travelling Salesman Analysis): Este tipo de análisis no sólo busca encontrar el camino más corto entre un punto de origen y destino, sino que puede tener también en cuenta un número determinado de paradas que deben realizarse a lo largo del camino

## 4.2 MARCO CONCEPTUAL

### 4.2.1 Análisis espacial.

Es el proceso de estudiar las relaciones de proximidad-distancia de los elementos en el espacio, optimizando su ubicación y ayudando a la correcta toma de decisiones. (geaintec, 2015).

### 4.2.1 Red.

Según **(Venegas, 2005)** una red es un conjunto de puntos (nodos) unidos por arcos (ramas), y para describir una red se utiliza la anotación de  $(N, A)$  donde  $n$  es el número de nodos y  $a$  el número de arcos, puntos y arcos que “forman una estructura espacial por la que puede pasar flujos de algún tipo: personas, mercancías, energía, información” **(Bosque, 1992)**.

### 4.2.3 Nodo.

Los nodos están conformados por puntos de origen y puntos de intercambio (ciudades, puertos, aeropuertos o centros de zona -denominados centroides, si trabajamos a una escala urbana, a los que se les atribuyen las características del área que representan).  
**(Ospina, 2009)**

### 4.2.4 Arco.

Los arcos o aristas se identifican con las rutas, tanto si tienen estructura física de soporte (rutas terrestres) como si no cuentan con ella (rutas marítimas, aéreas o referidas a tele flujos), o con los flujos (pasajeros, mercancías, flujos telemáticos...) que por ellas circulan cuando se trata de redes valorizadas **(Ospina, 2009)**.

### 4.2.5 Impedancia de Distancia.



Permite de manera rápida tener opciones para el desplazamiento de una red vial sus factores depende de: 1. Distancia real 2. Distancia planimétrica.

#### 4.2.6 Impedancia de Tiempo.

El tiempo es la manera fundamental para evaluar la red sus factores son: 1. Características del vehículo 2. El tipo de normativa que regula las velocidades máximas de los flujos 3. Congestión vehicular 4. condiciones climáticas 5. **(Martínez, 2007)**

#### 4.2.7 Análisis de redes.

El objetivo principal del análisis de redes, es el estudio de la distancia y accesibilidad, donde permite dar solución a las problemáticas en la construcción de la ruta óptima para vehículos. Donde pueden pasar flujos de personas, mercancías, energía, información, transporte y acueductos. **(Ospina, 2009)**

#### 4.2.8 Ruta óptima.

Weigel, 2001 (como se citado en **(Valbuena, 2008)** una ruta optima es) Consiste en minimizar los costos de operación del recorrido o ruta para esto es necesario hacer la determinación de las distancias dentro de la red.

### 4.3 MARCO ESPACIAL

#### 4.3.1 Datos Generales

País:	Colombia
Departamento	Cundinamarca
Provincia	Sumapaz
Nombre de municipio	Fusagasugá Conocida como Ciudad Jardín de Colombia.
Ubicación Gográfica	Latitud 4°20' N Longitud 74°21' O
Temperatura promedio	20° C
Altitud promedio	1.728 msnm
Distancia de Bogotá D.C	por la vía Panamericana 64 km
Superficie urbana	13,019 km <sup>2</sup>
Superficie rural	190, 99 km <sup>2</sup>
Superficie total	204, 00 Km <sup>2</sup>
Fundación	1529 caserío indígena 1776 pueblo de blancos
Poblacion Municipio	131.914 Habitantes (2014)
Proyección DANE 2020	147.631 Habitantes
Gentilicio	Fusagasugueño

Tabla 1. Datos generales del municipio de Fusagasugá



#### 4.3.2 Localización

El Municipio de Fusagasugá, se encuentra ubicado en la región Andina del país, al sur occidente del Departamento de Cundinamarca, es cabecera Provincial del Sumapaz, enmarcada topográficamente dentro de dos cerros: el Fusacatán y el Quininí. Desplegada en la parte superior de la altiplanicie de Chinauta en latitud  $4^{\circ} 20' 00''$  y longitud  $74^{\circ} 21' 00''$ . Circundada por excelentes vías de acceso que la comunican con todo el país, especialmente con la ciudad capital de Bogotá por la vía Panamericana. Los municipios más cercanos son Arbeláez, Silvania, Pasca y Tibacuy.

#### 4.3.3 Extensión y límites

El municipio cuenta con una extensión total de 204 kilómetros cuadrados<sup>1</sup>, con 190,9805059 km<sup>2</sup> en el área rural, distribuidos en cinco corregimientos y la zona urbana con una superficie de 13,0194041 Km<sup>2</sup> distribuidos en seis comunas. La parte más ancha del Municipio es la comprendida desde los límites de Silvania al norte y hasta el cerro de San Juan Viejo; y la más angosta es la Aguadita entre la desembocadura de los ríos Chocho y Cuja en el Sumapaz

*Fuente.* (Fusagasugá, 2015)

## 5 DISEÑO METODOLÓGICO

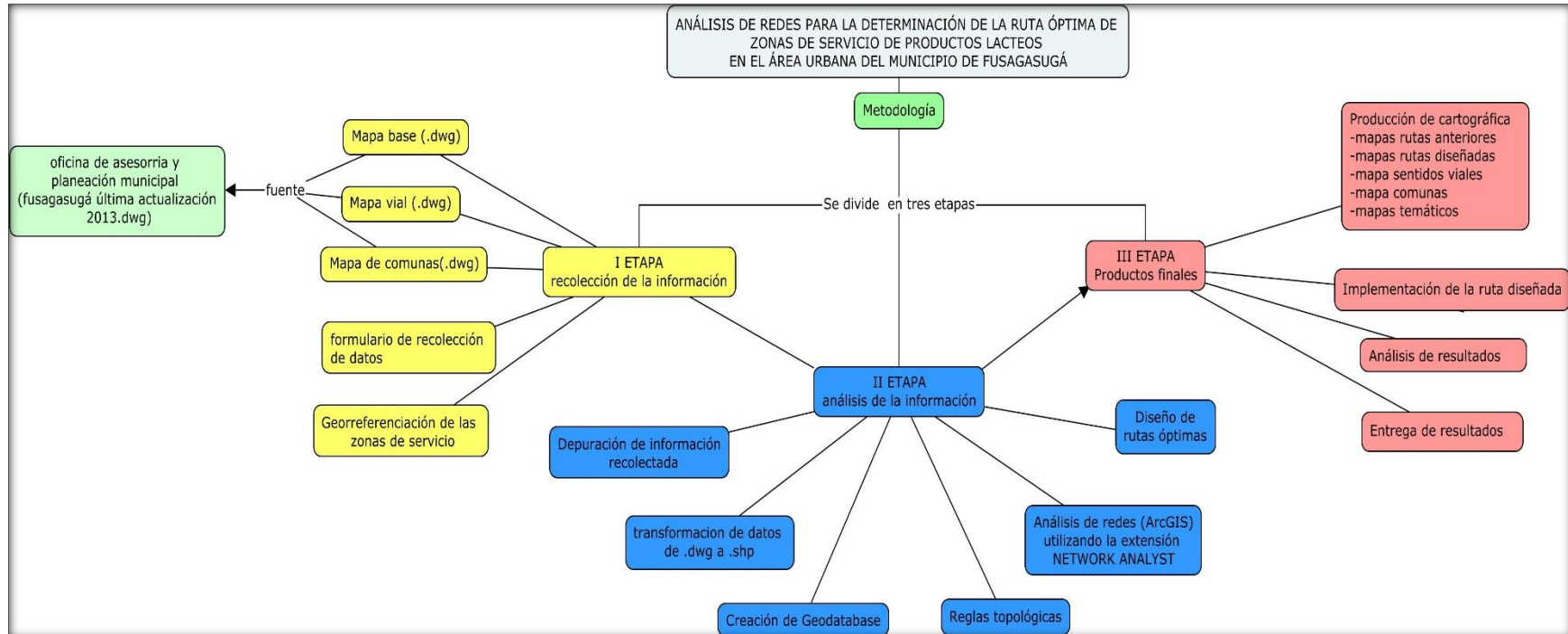


Figura 1 Esquema Metodológico

Fuente. (Fusagasugá, 2015)

La metodología de este proyecto se divide en tres etapas, la cuales se especifican a continuación:

- **Primer Etapa Recolección De La Información:**

Se recopiló información en la que se dividió en dos clases

- **La principal fuente de información cartográfica:**

Alcaldía de Fusagasugá

IGAC

Planeación municipal.

Oficina de movilidad de Fusagasugá.

- **Trabajo de campo :**

Se realizó sobre dos rutas donde reparten productos lácteos de la distribuidora H en el casco urbano de Fusagasugá donde se tomaron datos los cuales son:

Georreferenciación de la bodega y las zonas de servicio o establecimientos comerciales con el instrumento GPSmap 76CSx Gámin.

Toma de tiempos.



*Imagen 1 El GPSmap 76CSx*

*Fuente. (Fusagasugá, 2015)*

Formulario de los productos que dejan en cada zona de servicio.

- **Segunda Etapa Análisis De La Información:**

Con base a la información recolectada se realizó varios procesos los cuales constan de:

Se procedió a la depuración de la información cartográfica y de campo donde por consiguiente se realizó la digitalización de los mapas, también poner los puntos de las zonas de servicio y la ruta (líneas o aristas), con esta información se creó una geodatabase con su respectiva topología, por último se realizó un



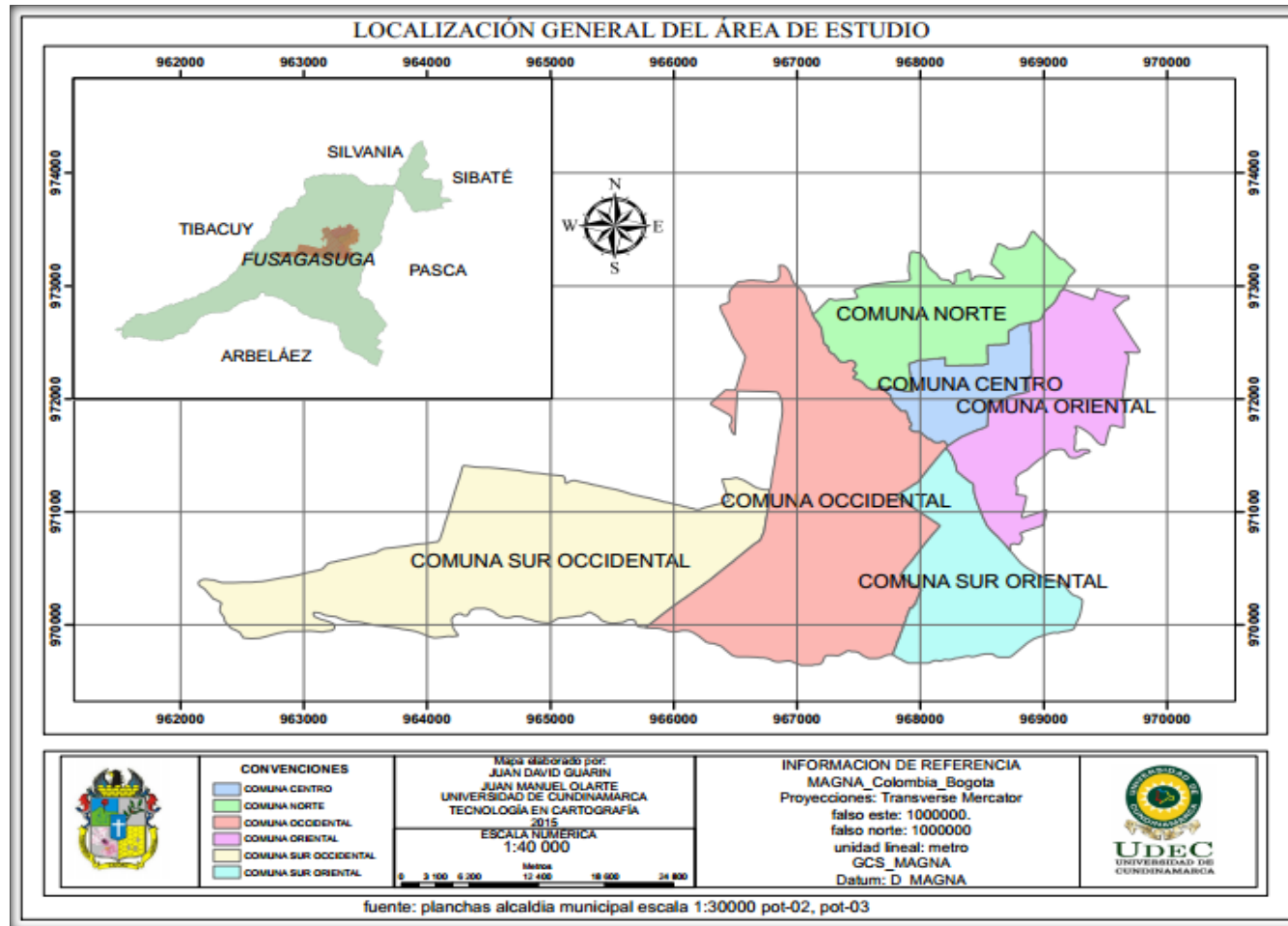
análisis de redes con el software cartográfico (ArcGIS 10.2) con la extensión llamada Network Analyst.

Una parte de esta segunda etapa fue la elaboración de las rutas optimas, mediante la herramienta network analyst, para ello se siguen los pasos explicados en la guía uno, ver ( **ANEXO 1“proceso para realizar una ruta optima de distribución”**)

- TERCERA ETAPA PRODUCTOS FINALES :

En esta etapa se da a conocer la producción cartográfica (mapa base y mapas temáticos), con el mapa de la ruta optima lo que hicimos fue implementarla por un lapso de dos semanas para así compararla con la ruta actual y dar a conocer los resultados.

## 6 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO



Mapa 1 Localización del proyecto



## 6.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

### DISTRIBUIDORA H

La empresa distribuidora H, está ubicada en el casco urbano del municipio de Fusagasugá (Cundinamarca) en la dirección calle 25 N° 39 B - 08 en el barrio coviprof, donde se dedica a la distribución de productos lácteos de la marca alquería y kelloggs, en el área urbana del municipio de Fusagasugá y los municipios aledaños como Silvania, granada, Arbeláez, San Bernardo, Cabrera, Icononzo, pasca y Sibaté, esta actividad la realiza desde hace 12 años.

### PRODUCTOS OFRECIDOS POR LA DISTRIBUIDORA H



IMAGEN 2 LECHE ENTERA



IMAGEN 3 LECHE DESLACTOSADA



IMAGEN 4 NUTRÍ DAY



IMAGEN 5 M&M



IMAGEN 6 Jugo bolsa



IMAGEN 7 kelloggs



IMAGEN 8 Avena canela



IMAGEN 9 Jugo botella 850 ml



IMAGEN 10 Yogo cereal



IMAGEN 11 Crema de Leche 900g



IMAGEN 12 Crema de leche 200g



IMAGEN 13 Choco leche

Fuente (ALQUERIA, 2015) Y (kelloggs, 2015)



## 6.2 DESCRIPCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN

Esta actividad se desarrolla de lunes a sábado donde se divide en tres pasos :

- Generación de pedido directamente a Alquería s.a. Bogotá.

Semanalmente se realiza el pedido necesario, para cubrir así la demanda de dicha semana.

- Proceso de venta tienda a tienda (clientes) :

Recolección de pedidos en las distintas tiendas a diario y el ingreso de los datos al sistema.

- Proceso de despacho :

Cargue del camion , elaboración de facturas de cada cliente para su posterior entrega.



## 7. CÁLCULO DE COSTOS GENERALES

### 7.1 MEDIDAS EN km Y PRECIOS ESTÁNDARES

COSTOS VARIABLES	Tipo de gasolina \$		Tipo de llanta \$			Consumo de lubricantes \$			Consumo de filtros \$					Costo mantenimiento \$
	Diésel	Comerle	Direccional	Tradicional	Ejes libres	Motor	Caja	Diferencial	Aire	Aceite	Combustible	Agua	By pass	Vehículo 1
Cambio por desgaste o mantenimiento (Km)			30000	37375	120000	6000	35000	35000	10000	6000	7500	10000	7500	20000
Combustibles	\$ 7 700													
Llantas			\$ 250 000	\$ 250 000	\$ 1 200 000									
Lubricantes						\$ 35 000	\$ 50 000	\$ 49 300						
Filtros									\$ 22 000	\$ 13 000	\$ 15 000	\$ 10 000	\$ 55 000	
Mantenimiento general														\$ 200 000

Tabla 2. Precios de operación del vehículo

En la tabla anterior se estipulan los precios generales que se manejan en el mercado según el ministerio de transporte que están establecidos en el modelo para la determinación de costos de referencia, los cuales se relacionan en los siguientes esquemas.

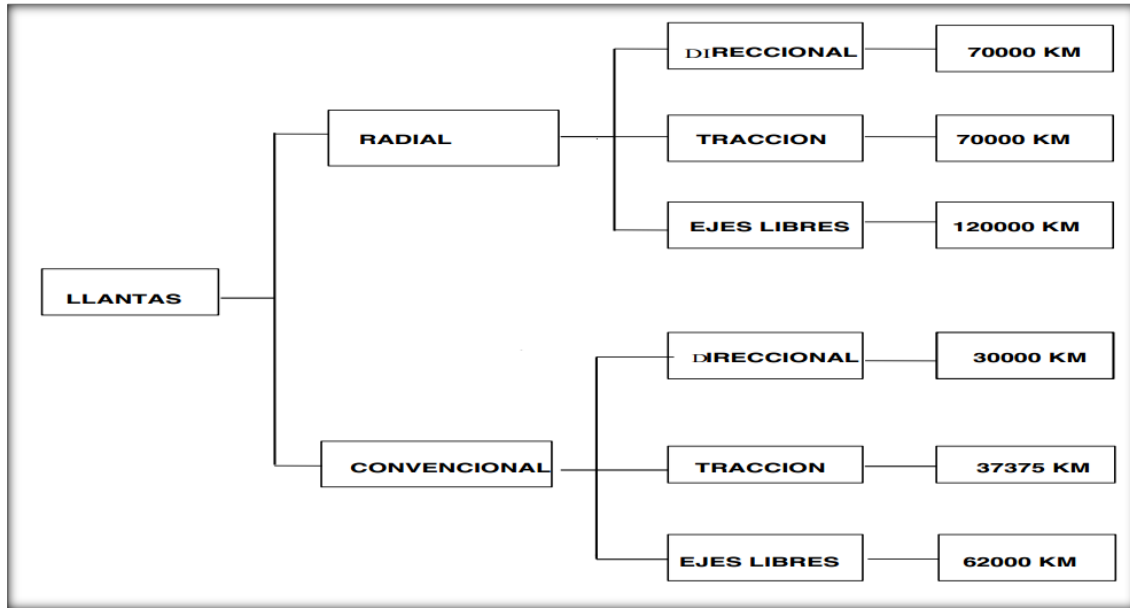


Figura 2. Esquema de parámetros de llantas y duración en km.

Con este esquema el ministerio de transporte da los parámetros para saber qué tipo de llanta es y cuánto dura, para este caso serán convencionales, direccional y tracción, puesto que no cuenta con ejes libres ya que no es un vehículo articulado.

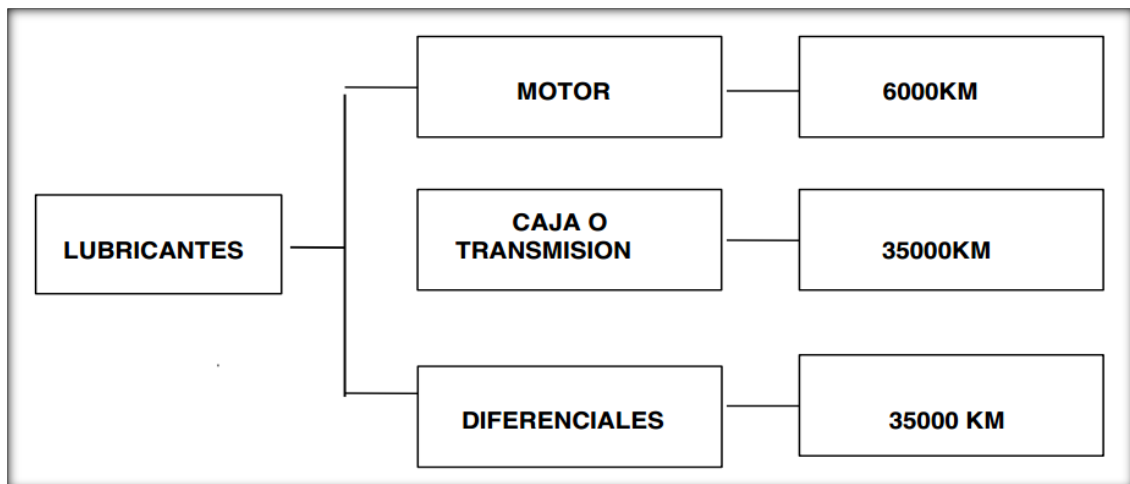


Figura 3. Esquema de parámetros de lubricantes y duración en km.

En este esquema se establecen los parámetros para el consumo de lubricantes, para este caso todos aplican.

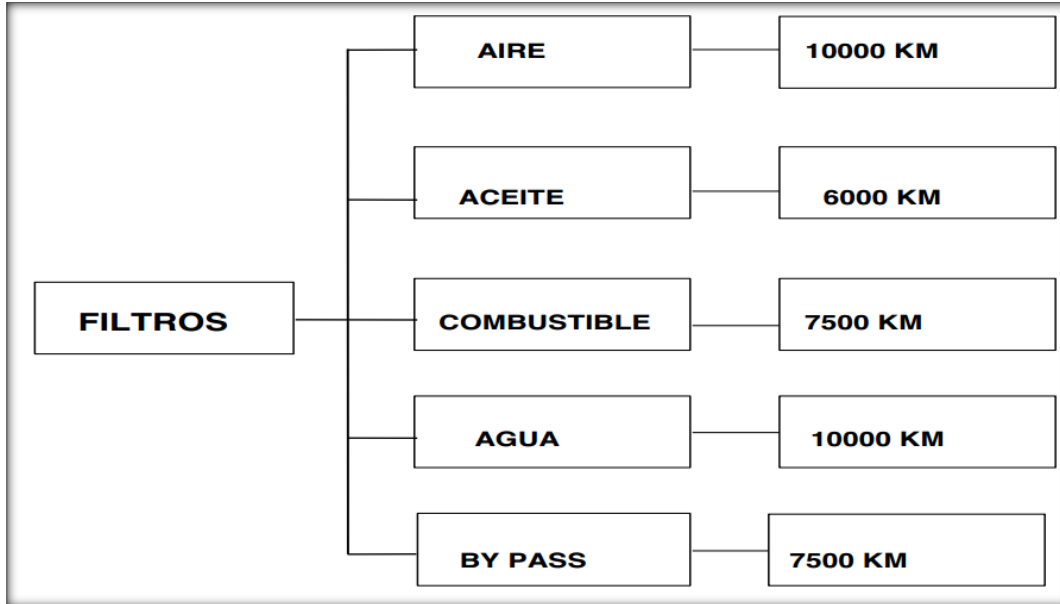


Figura 4. Esquema de parámetros para el cambio de filtros y duración en km.

Aquí se establecen los parámetros estándares para el cambio de los filtros, para este caso todos aplican.

**NOTA:** En la tabla anterior se establecen los costos y kilómetros del combustible y de mantenimiento, estos no se establecen mediante esquemas estandarizados, sino mediante ecuaciones que se verán a continuación.



## 7.2 ECUACIONES Y CÁLCULOS ESTÁNDARES DE COSTOS DE OPERACIÓN DEL VEHÍCULO

consumo de combustibles			
	Consumo(Ga/km)	Precio (\$/Ga)	Costo (\$/Km)
VEHICULO 1	0.337662338	\$ 7 700.00	\$ 2 600.00

Tabla 3 Consumo de combustible por km.

En esta tabla se muestra el consumo de combustible (diésel en este caso) por kilómetro recorrido, se tuvo en cuenta los precios actuales del combustible diésel y el consumo promedio por galón del mismo como se muestra es la siguiente ecuación.

$$\text{INDICADOR DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE} = \frac{\text{PRECIO \$/GAL}}{\text{CONSUMO Km./GAL}}$$

Ecuación 1. Cálculo de consumo de combustible por km recorrido

Consumo de llantas					
	Tipo de llanta			Costo total \$	Costo (\$/Km)
	Direccional	Tradicional	Ejes libres		
VEHICULO 1	2	4	0	\$ 1 500 000.00	\$ 44.53

Tabla 4 Consumo de llantas por km.

En esta tabla se muestra el consumo de llantas por kilómetro recorrido, los precios se establecieron con respecto al valor actual de las llantas en el mercado, a continuación se muestra la ecuación para hallar costo por km.

$$\text{INDICADOR DE CONSUMO DE LLANTAS} = \frac{\sum \text{No llantas} * \text{precio llanta (\$)}}{\text{Duracion llanta en Km.}}$$

Ecuación 2. Cálculo de consumo de llantas por km.



Consumo de lubricantes					
	Lubricantes			Costo total \$	Costo (\$/Km)
	Motor	Caja	Diferenciales		
VEHICULO 1	2	1	0.25	\$ 132 325.00	\$ 13.45

Tabla 5. Consumo de lubricantes por km

En la anterior tabla se establece el precio de lubricante por kilómetro recorrido, los precios están establecidos por los actuales en el mercado, y la duración en kilómetros está regida por la que estandariza el ministerio de transporte, como se aprecia en la ecuación siguiente.

INDICADOR DE CONSUMO DE LUBRICANTES

$$= \frac{\sum \text{No Unidades lubricante} * \text{precio lubricante } (\$)}{\text{Duracion lubricante en Km.}}$$

Ecuación 3. Cálculo de consumo de lubricantes por km.

Consumo de filtros							
	Filtros					Costo total \$	Costo (\$/Km)
	Aire	Aceite	Combustible	Agua	By pass		
VEHICULO 1	1	1	1	1	1	\$ 115 000.00	\$ 14.70

Tabla 6. Consumo de filtros por km

En esta tabla se observa el consumo de los filtros mencionados por kilómetro recorrido, al igual que los otros costos, estos están regidos por los precios del mercado, y los kilómetros establecidos por el ministerio del transporte, en la próxima ecuación se realizan los cálculos correspondientes.

INDICADOR DE CONSUMO DE FILTROS

$$= \frac{\sum \text{No Filtros aplicación} * \text{precio-filtro } (\$)}{\text{Duracion filtro en Km.}}$$

Ecuación 4. Cálculo de consumo de filtros por km



Costo mantenimiento		
	costo mantenimiento	costo (\$/Km)
VEHICULO 1	\$ 200 000.00	\$ 10.00

Tabla 7. Costo del mantenimiento por km

En esta tabla se aprecia los costos de mantenimiento, los cuales incluyen, el motor, caja de velocidades, diferencial, embrague, frenos, dirección, sistema eléctrico, suspensión, rodamientos, inyección entre otros, este precio fue establecido por el conductor que es el directo responsable del vehículo.

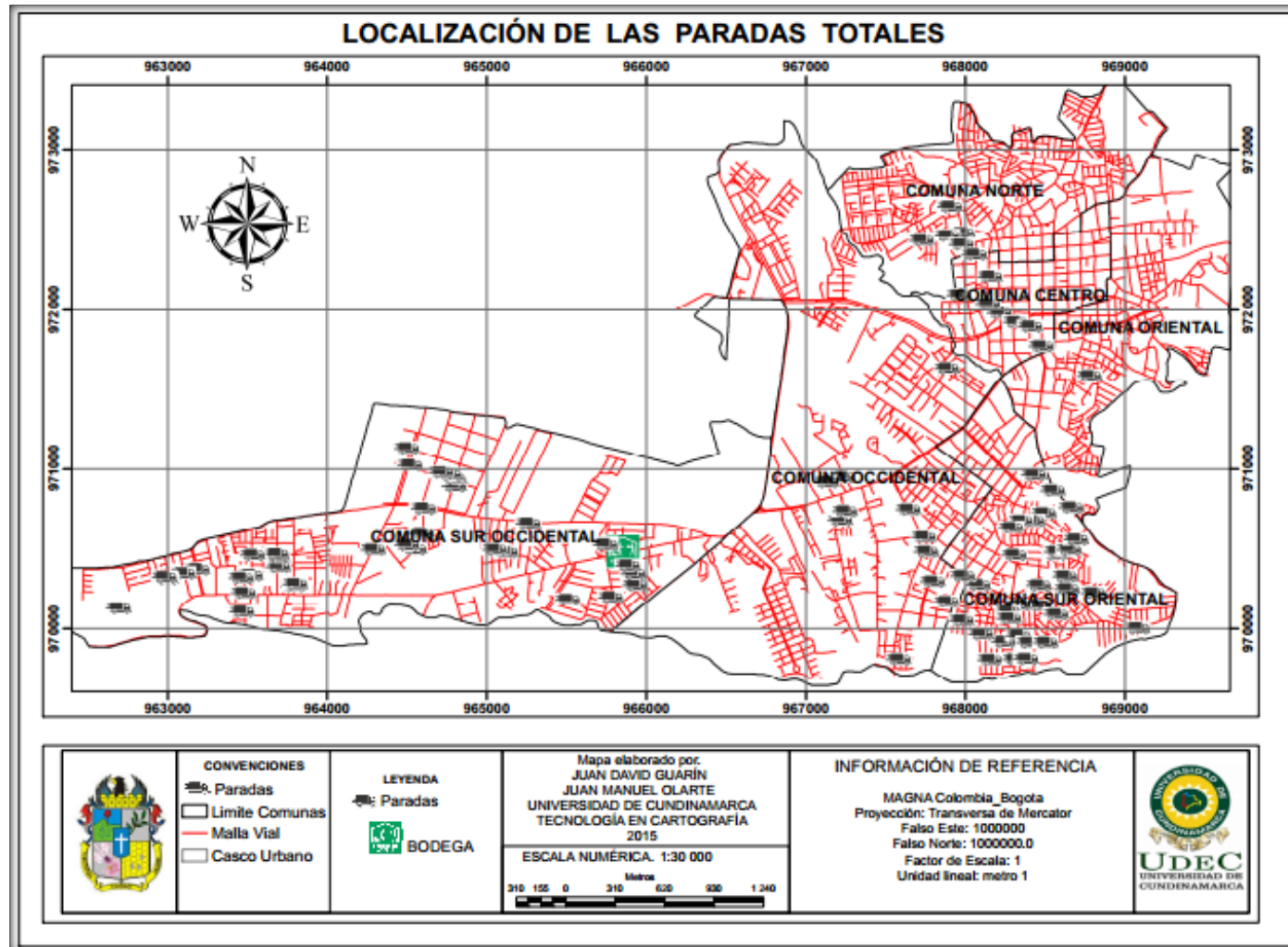
**NOTA:** Los cálculos se realizaron basados en el modelo para la determinación de costos de referencia del ministerio de transporte.

*Fuente.*

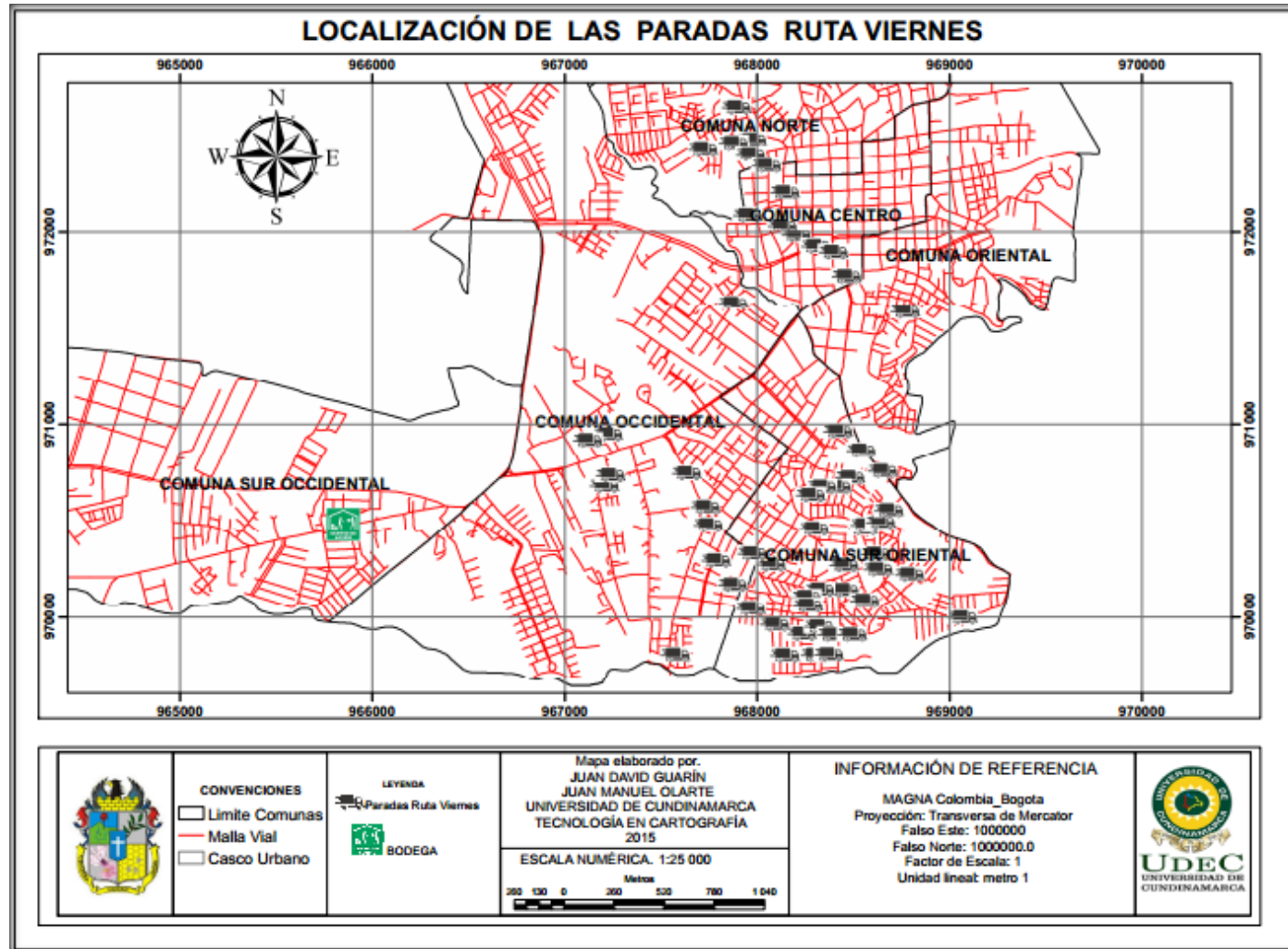
(Ministerio de transporte , 2011)



## 8. ANÁLISIS DE LAS RUTAS

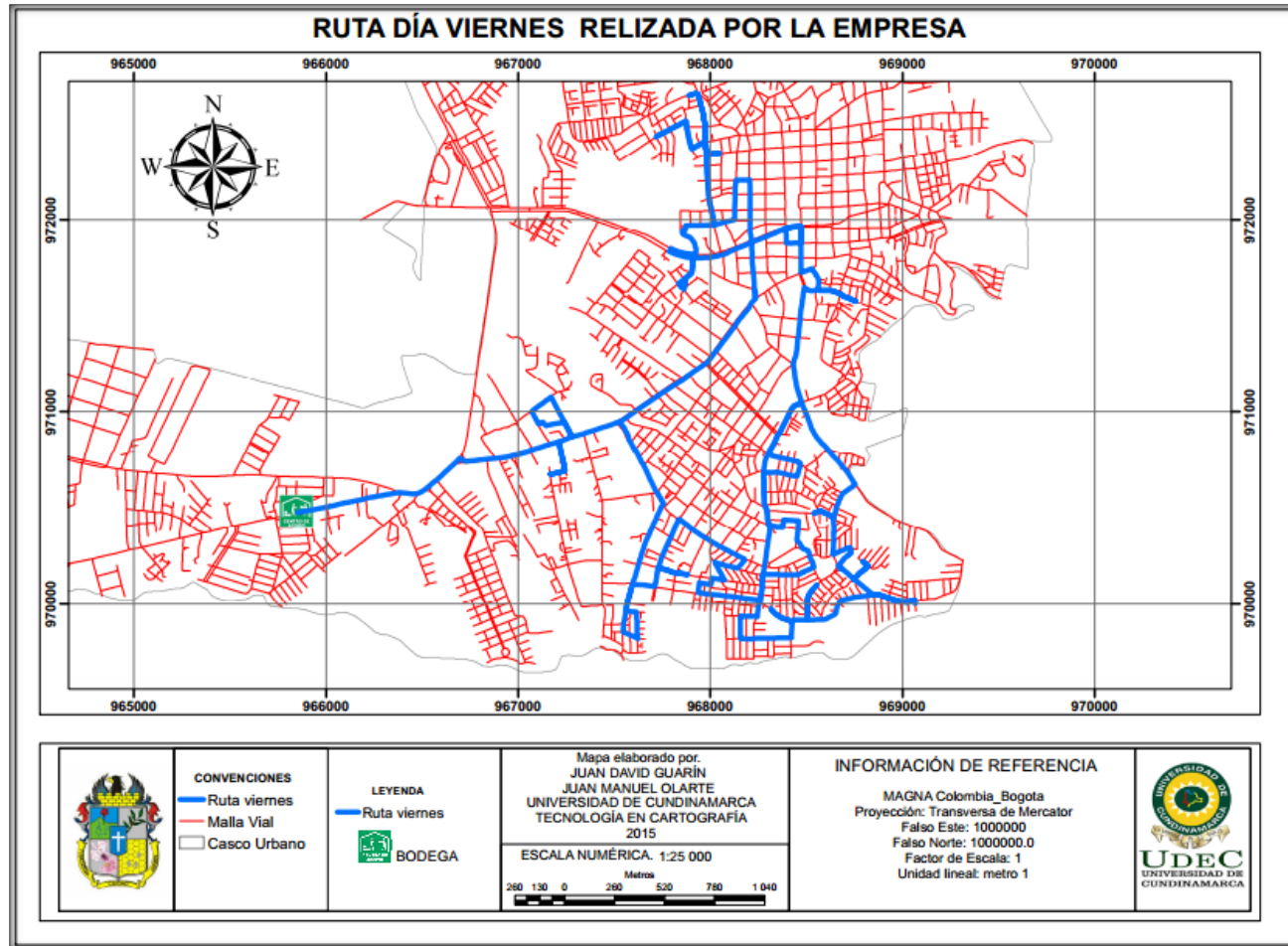


Mapa 2. Localización de clientes

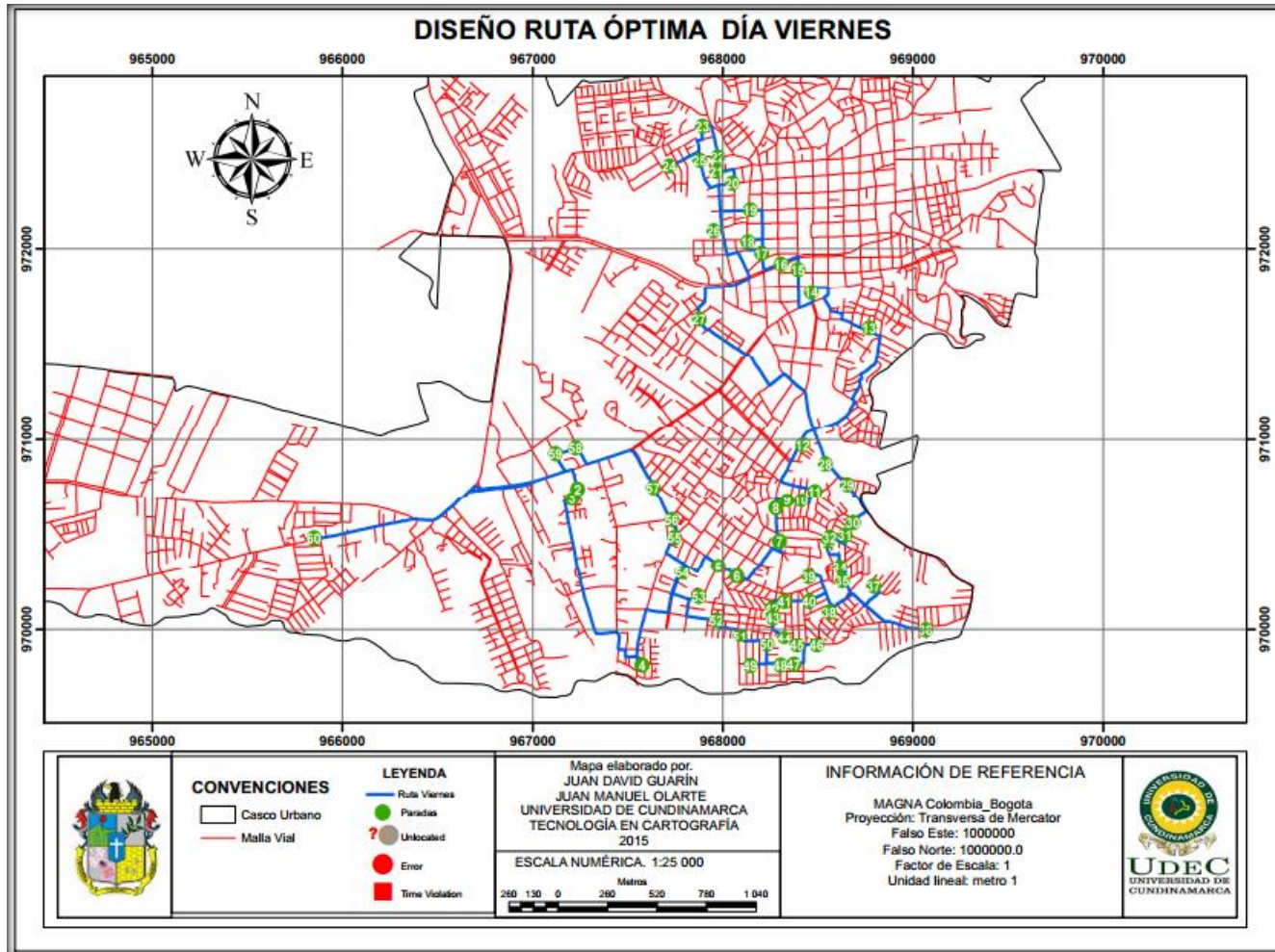


Mapa 3. Localización de los clientes viernes

## 8.1 ANÁLISIS DE LA RUTA DEL DÍA VIERNES



Mapa 4. Ruta viernes realizada por la empresa



Mapa 5. Ruta Diseñada

### 8.1.1 Cálculo de costos variables ruta viernes

Las siguientes tablas y graficas son un comparativo entre los costos antes y después de la implementación de la ruta diseñada para el día viernes, los cálculos se realizaron con las ecuaciones y estándares mencionados en el capítulo 9.3 ECUACIONES Y CÁLCULOS ESTÁNDARES DE COSTOS DE OPERACIÓN DEL VEHÍCULO, con la variación de los kilómetros recorridos para esta ruta que son.

Ruta realizada por la empresa: 21.803km

Ruta diseñada: 19.77km

Costos totales de combustible	
Empresa	Diseño óptimo
\$ 56 687.80	\$ 51 420.20

Tabla 8. Comparativo de costos de combustible día viernes

En la tabla se puede apreciar la diferencia del consumo de combustible de la ruta realizada por la empresa y la ruta diseñada, expresada en pesos que es un total de \$5267.8

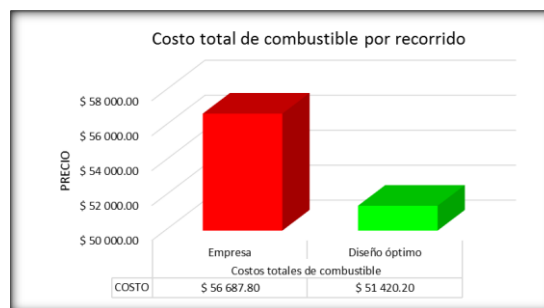


Gráfico 1. Costo total de combustible por recorrido día viernes

En la gráfica se ve de manera más clara la diferencia de precios que es igual a un 9.3% del consumo total de la ruta realizada por la empresa.

Costo total de Llantas	
Empresa	Diseño óptimo
\$ 970.82	\$ 880.61

Tabla 9. Comparativo costos de llantas día viernes

En la tabla muestra la diferencia del costo de consumo de llantas por km recorrido de la ruta realizada por la empresa y la ruta diseñada



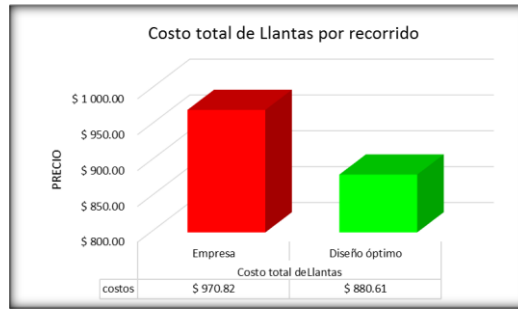


Gráfico 2. Costo total de llantas por recorrido día viernes

En la gráfica se ve de manera más clara la diferencia de precios que es un total de \$90.22, o un 9.3% del consumo total de la ruta realizada por la empresa.

Costo total de Lubricantes	
Empresa	Diseño óptimo
\$ 293.19	\$ 265.95

Tabla 10. Comparativo costos de lubricantes día viernes

La tabla anterior se observa la diferencia del costo de consumo de lubricantes, expresada en pesos, diferencia que es igual a \$27.25

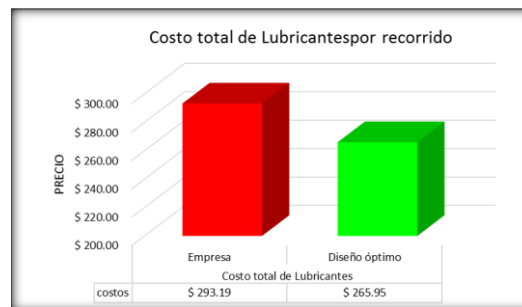


Gráfico 3. Costo total de lubricantes por recorrido día viernes

En la gráfica se aprecia claramente la diferencia de precios que un 9.3% del consumo total de la ruta realizada por la empresa. Porcentaje a favor de la ruta diseñada.

Costo total de Filtros	
Empresa	Diseño óptimo
\$ 320.50	\$ 290.72

Tabla 11. Comparativo costos de filtros día viernes

En la tabla anterior se ve el precio antes de y después de implementada la ruta diseñada, en ella se logra observar una diferencia de \$40.72 a favor de la ruta diseñada

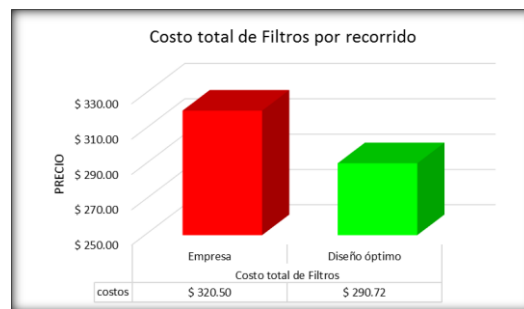


Gráfico 4. Costo total de filtros por recorrido día viernes

La grafica expresa la diferencia de consumo de filtros por km recorrido, diferencia que es igual a un 12.7% con respecto a la ruta realizada por la empresa.

Costo total de Mantenimiento	
Empresa	Diseño óptimo
\$ 218.03	\$ 197.77

Tabla 12. Comparativo costos de mantenimiento día viernes

En la tabla se estipulan los costos de mantenimiento del vehículo, costos que disminuyen luego de la implementación de la ruta diseñada en un total de \$20.26

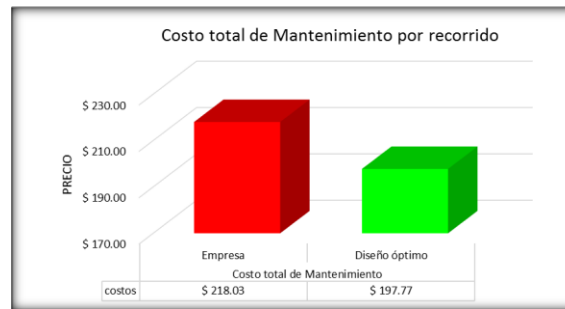
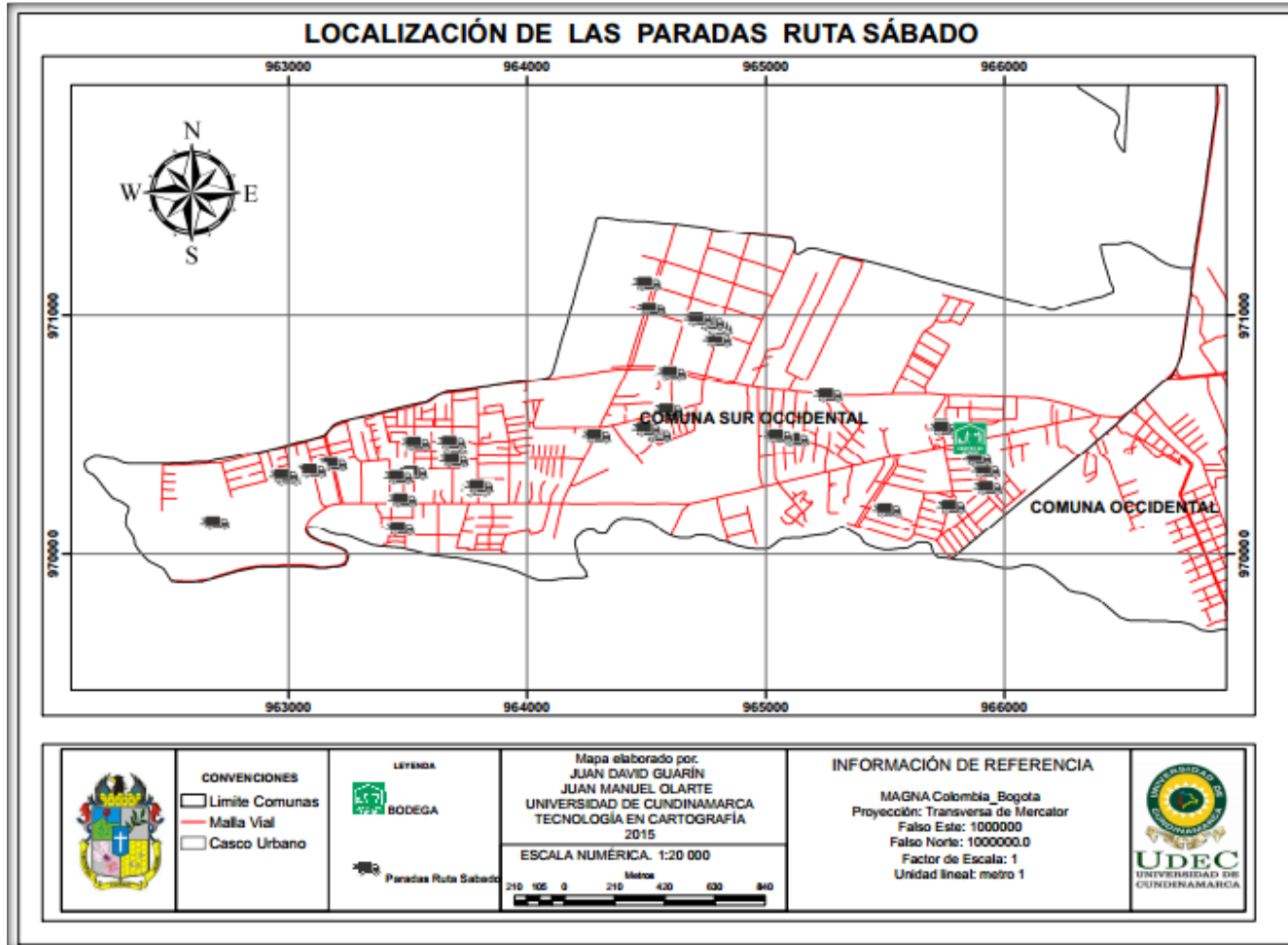


Gráfico 5. Costo total de mantenimiento por recorrido día viernes

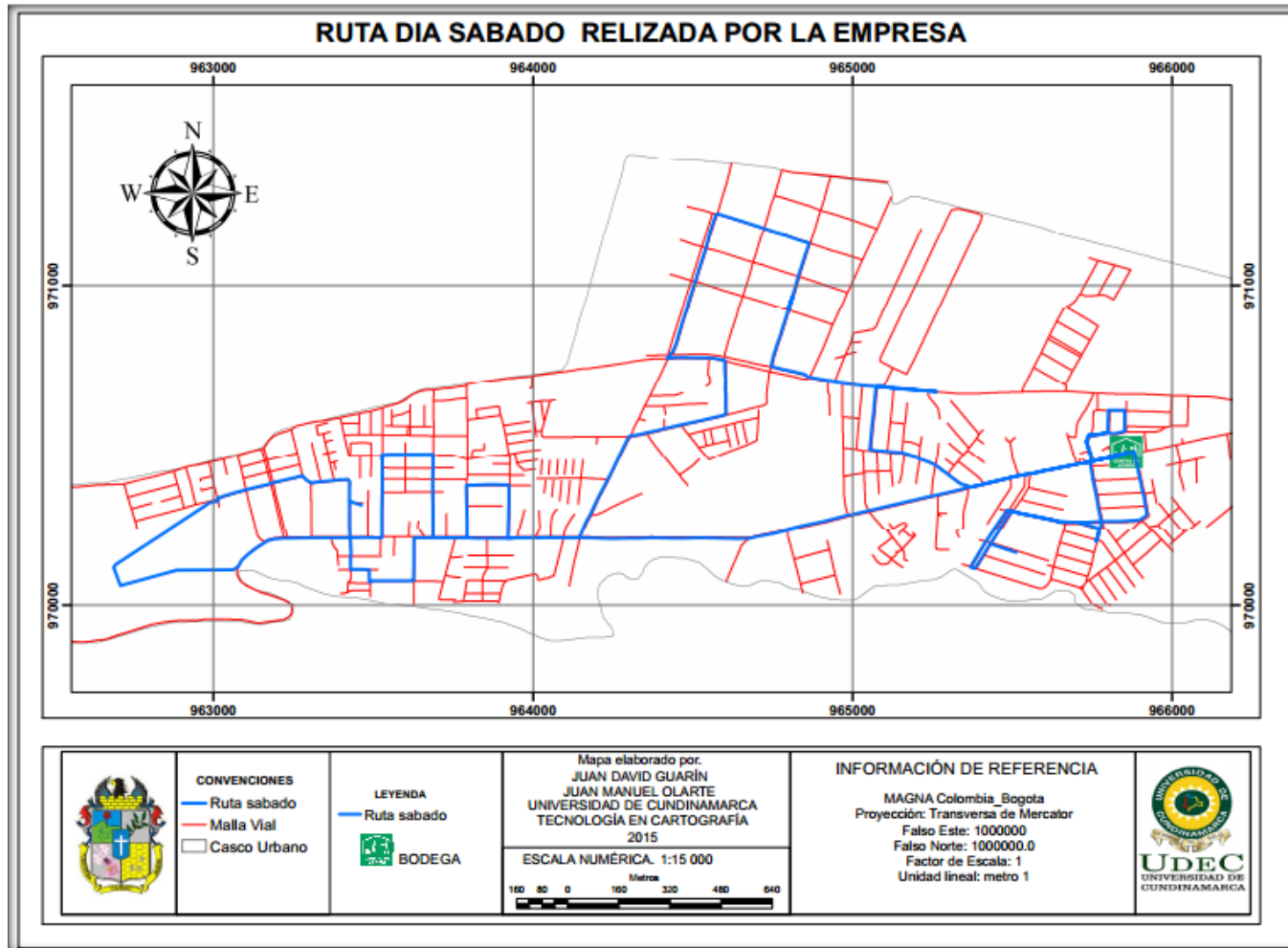
La grafica muestra la diferencia entre la ruta realizada por la empresa y la ruta diseñada, con respecto al costo de mantenimiento del vehículo el cual se reduce en un 9.29% a favor del diseño.



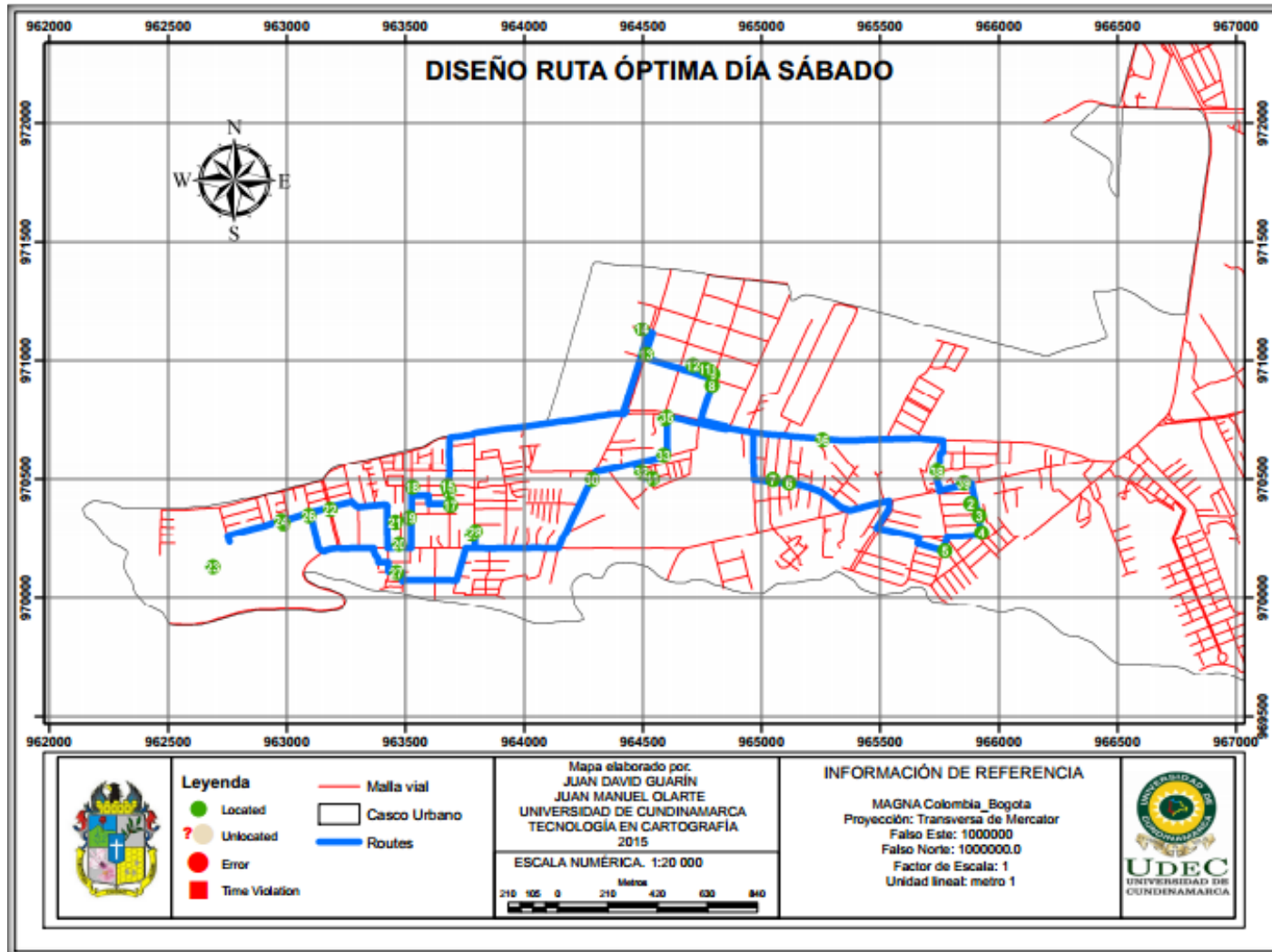
## 8.2 ANALISIS DE LA RUTA DEL DÍA SABADO



Mapa 6. Localización de los clientes sábado



Mapa 7. Ruta sábado realizada por la empresa



Mapa 8. Ruta Diseñada

### 8.2.1 Cálculo de costos variables ruta sábado

Las siguientes tablas y graficas son un comparativo entre los costos antes y después de la implementación de la ruta diseñada para el día sábado, los cálculos se realizaron con las ecuaciones y estándares mencionados en el capítulo 9.3 ECUACIONES Y CÁLCULOS ESTÁNDARES DE COSTOS DE OPERACIÓN DEL VEHÍCULO, con la variación de los kilómetros recorridos para esta ruta que son.

Ruta realizada por la empresa: 12.733km

Ruta diseñada: 10.223km

costo total de combustible	
Empresa	Diseño óptimo
\$ 33 105.80	\$ 26 578.65

Tabla 13. Comparativo de costos combustible día sábado

En la tabla se puede apreciar la diferencia del consumo de combustible de la ruta realizada por la empresa y la ruta diseñada, expresada en pesos que es un total de \$6527.15



Gráfico 6. Costo total de combustible por recorrido día sábado

En la gráfica se ve de manera más clara la diferencia de precios que es igual a un 19.71% del consumo total de la ruta realizada por la empresa.

costo total de Llantas	
Empresa	Diseño óptimo
\$ 566.96	\$ 455.18

Tabla 14. Comparativo de costos llantas día sábado

En la tabla muestra la diferencia del costo de consumo de llantas por km recorrido de la ruta realizada por la empresa y la ruta diseñada

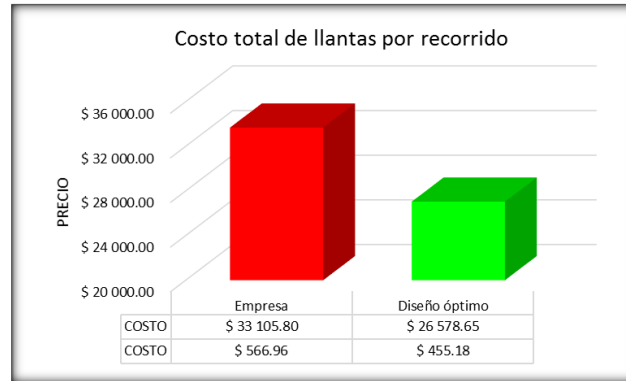


Gráfico 7. Costo total de llantas por recorrido día sábado

En la gráfica se ve de manera más clara la diferencia de precios que es un total de \$111.78, o un 19.75% del consumo total de la ruta realizada por la empresa

costo total Lubricantes	
Empresa	Diseño óptimo
\$ 171.23	\$ 137.47

Tabla 15. Comparativo de costos lubricantes día sábado

La tabla anterior se observa la diferencia del costo de consumo de lubricantes, expresada en pesos, diferencia que es igual a \$33.76

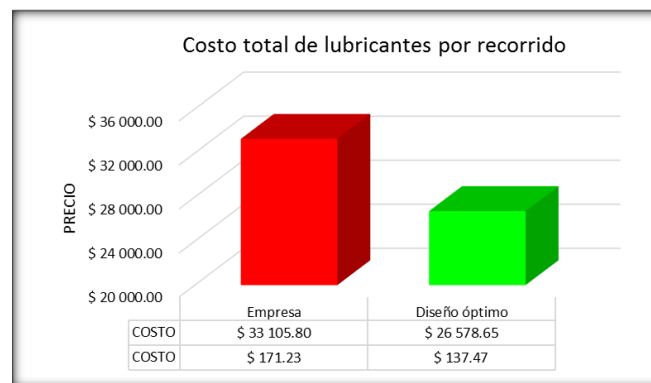


Gráfico 8. Costo total de lubricantes por recorrido día sábado

En la gráfica se aprecia claramente la diferencia de precios que un 19.71% del consumo total de la ruta realizada por la empresa. Porcentaje a favor de la ruta diseñada.

costo total de Filtros	
Empresa	Diseño óptimo
\$ 187.18	\$ 150.27

Tabla 16. Comparativo de costos filtros día sábado

En la tabla anterior se ve el precio antes de y después de implementada la ruta diseñada, en ella se logra observar una diferencia de \$30.41 a favor de la ruta diseñada

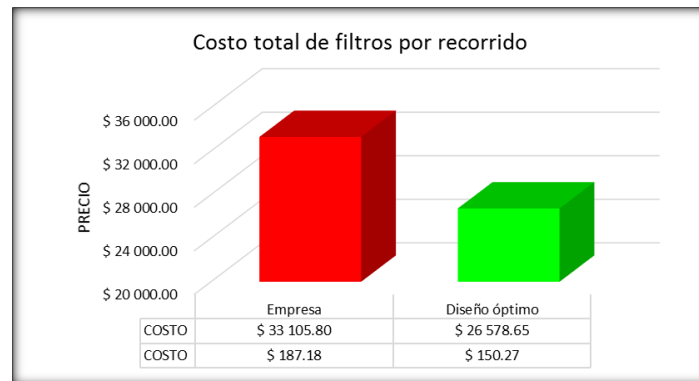


Gráfico 9. Costo total de filtros por recorrido día sábado

La grafica expresa la diferencia de consumo de filtros por km recorrido, diferencia que es igual a un 19.45% con respecto a la ruta realizada por la empresa

costo total de Mantenimiento	
Empresa	Diseño óptimo
\$ 127.33	\$ 102.23

Tabla 17. Comparativo de costos de mantenimiento día sábado

En la tabla se estipulan los costos de mantenimiento del vehículo, costos que disminuyen luego de la implementación de la ruta diseñada en un total de \$25.1



Gráfico 10. Costo total de mantenimiento por recorrido día sábado

La grafica muestra la diferencia entre la ruta realizada por la empresa y la ruta diseñada, con respecto al costo de mantenimiento del vehículo el cual se reduce en un 19.71% a favor del diseño

## 9 RESULTADOS

A continuación se mostrarán los resultados obtenidos a lo largo de tres meses de trabajo (Oficina y campo), resultados conseguidos mediante planillas para la recolección de información y la herramienta network analyst de ArcGIS para el proceso de análisis de redes y diseño de ruta óptima.

### - Diseño y aplicación de la ruta óptima.

Con los datos obtenidos en campo se realiza el análisis respectivo y diseño de una ruta opcional para los días viernes y sábado (utilizando la extensión network analyst de ArcGIS), para ser implementada, con el fin de encontrar punto de comparación entre la ruta actual y la ruta diseño, para los días viernes y sábado.

Ver ([Mapa 4 y 5](#) [Mapa 7 y 8](#))

### - Disminución en la distancia y en tiempo de entrega.

Una vez implementadas las rutas diseñadas y analizados los datos recolectados en los nuevos recorridos, se logra identificar que los diseños realizados son los óptimos, debido a que se presenta disminución en la distancia recorrida y el tiempo de entrega, siendo en la ruta del viernes un total de:

2.026 km (9,29%) en distancia como lo indican la gráfica 11 y la tabla 17.

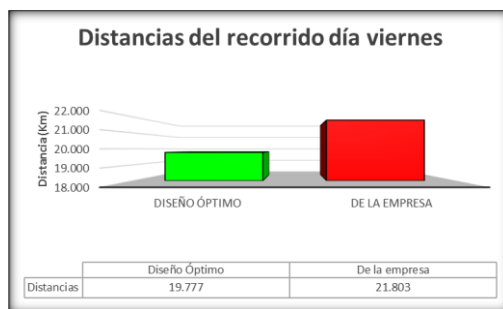


Gráfico 11. Comparativo distancias ruta viernes

Distancias del recorrido día viernes	
Rutas	Distancia(Km)
Diseño Óptimo	19.777
De la empresa	21.803
Diferencia	2.026

Tabla 18. Comparativo distancias ruta viernes

En la tabla se puede observar de manera cuantitativa la diferencia en kilómetros recorridos a favor de la ruta diseñada para el día viernes.



Y 1,32 horas (11,53%) en tiempo, como se observa la gráfica 12 y la tabla 18.

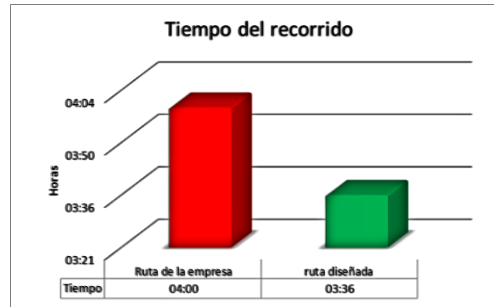


Gráfico 12. Comparativo tiempo ruta viernes

Tiempo del recorrido viernes	
ruta	tiempo (h)
Diseño optimo	10:06
De la empresa	11:25
Diferencia	01:19

Tabla 19. Comparativo tiempo ruta viernes.

Se observa la diferencia en horas (1:19:00 h), menos que la ruta realizada por la empresa antes de diagnóstico y diseño.

Para la ruta del día sábado, que es una ruta de menor recorrido, vemos una disminución mayor, concluyendo así que el desgaste del vehículo, y la pérdida el tiempo eran mucho mayores en esta ruta. Luego del análisis, diseño e implementación de la ruta óptima se tiene una reducción total de:

2.510 km (19,72%) en distancia, como lo muestran la gráfica 13 y la tabla 19.

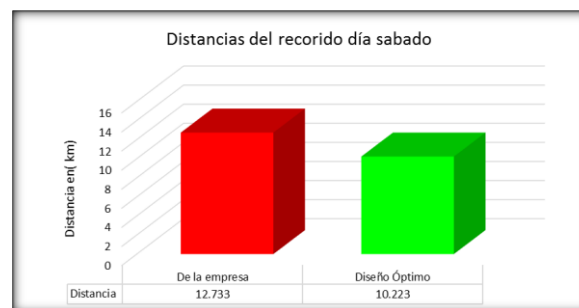


Gráfico 13. Comparativo distancias ruta sábado

Distancias del recorrido día sábado	
Rutas	Distancia(Km)
Diseño Óptimo	10.223
De la empresa	12.733
Diferencia	2.510

Tabla 20. Comparativo distancias ruta sábado

En la tabla se puede observar de manera cuantitativa la diferencia en kilómetros recorridos a favor de la ruta diseñada para el día sábado.

Y 0.4 horas (10%) en tiempo como se observa en la gráfica14 y la tabla 20

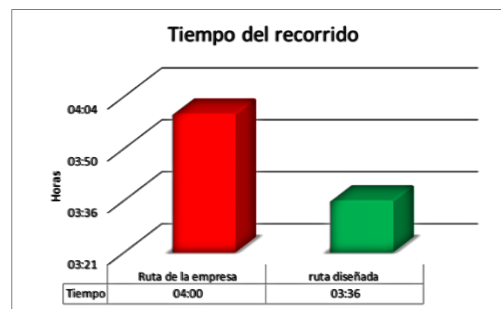


Gráfico 14. Comparativo tiempo ruta viernes

Tiempo del recorrido sábado	
ruta	tiempo (h)
Diseño optimo	03:36
De la empresa	04:00
Diferencia	00:24

Tabla 21. Comparativo de tiempo ruta viernes

En la tabla se puede ver la diferencia en horas para el del sábado, que para esta ruta es pequeña, pero siendo la de menor recorrido resulta siendo una diferencia significativa.

#### - Reducción del costo de operación del vehículo.

Basados en el análisis de la distancia, y en el modelo para la determinación de costos de referencia del ministerio de transporte, se calculan los costos variables (\$/km) de las rutas de los días viernes y sábado (ruta realizada por la empresa vs ruta diseñada) llegando a la conclusión de que la ruta diseñada es la más óptima con respecto a distancia y tiempo como se vio en el análisis anterior, y las más óptima con respecto a costos, debido a que se logra una reducción del costo de operación de vehículo, siendo para la ruta del viernes un total de:

\$5.435,10 que es 9,29% menos que la ruta realizada por la empresa para el día viernes, diferencias indicadas en la gráfica 15 y en la tabla 21.

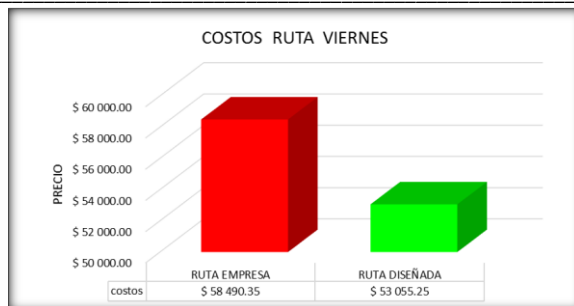


Gráfico 15. Comparativo costos ruta viernes

COSTOS RUTA VIERNES		
COSTOS VARIABLES TOTAL (\$/Km)	<b>\$ 58 490.35</b>	RUTA EMPRESA
	<b>\$ 53 055.25</b>	RUTA DISEÑADA
DIFERENCIA	<b>\$ 5 435.10</b>	

Tabla 22. Precios de operación del vehículo día viernes

En la tabla se muestra la diferencia de costo de operación de vehículo, antes y después de la implementación del diseño para la ruta del día viernes

Y para la ruta del sábado un total de \$6.734,7 que es un 19,72% menos, que la ruta realizada por la empresa, que se observa en la gráfica 16 y la tabla 22, y que constata el análisis hecho en la diferencias de distancia y tiempo del recorrido para el día sábado, disminución que se ve reflejada en el costo de operación del vehículo.

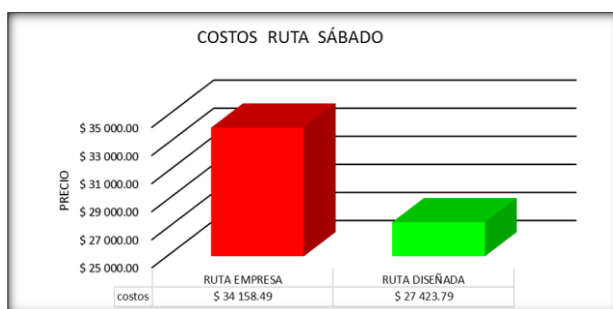


Gráfico 16. Comparativo costos ruta sábado

COSTOS RUTA SÁBADO		
COSTOS VARIABLES TOTAL (\$/Km)	\$ 34 158.49	RUTA EMPRESA
	\$ 27 423.79	RUTA DISEÑADA
DIFERENCIA	\$ 6 734.70	

Tabla 23. Precios de operación del vehículo

En la tabla 20, se observa la diferencia de costo de operación de vehículo, antes y después de la implementación del diseño para la ruta del día sábado, diferencia que es mayor en menor tiempo y distancia, lo cual demuestra la certeza del diagnóstico y del diseño.

### - Proyecciones a corto y mediano plazo del costo de operación del vehículo

Basados en los datos recolectados, y los resultados estadísticos obtenidos, se realiza una proyección a corto (1mes) y mediano plazo (1 año) de las dos rutas diseñadas, teniendo en cuenta el antes y el después de la aplicación de la ruta optima diseñada.

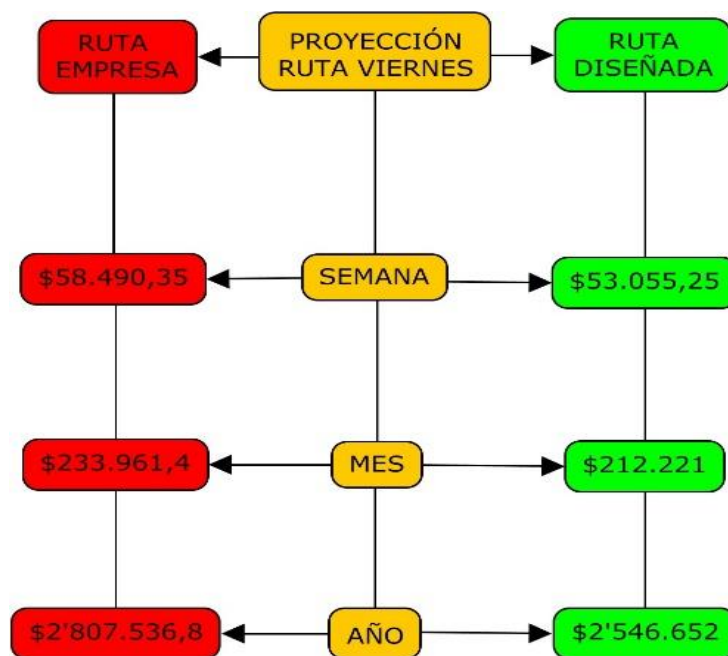


Gráfico 17. Proyección ruta viernes

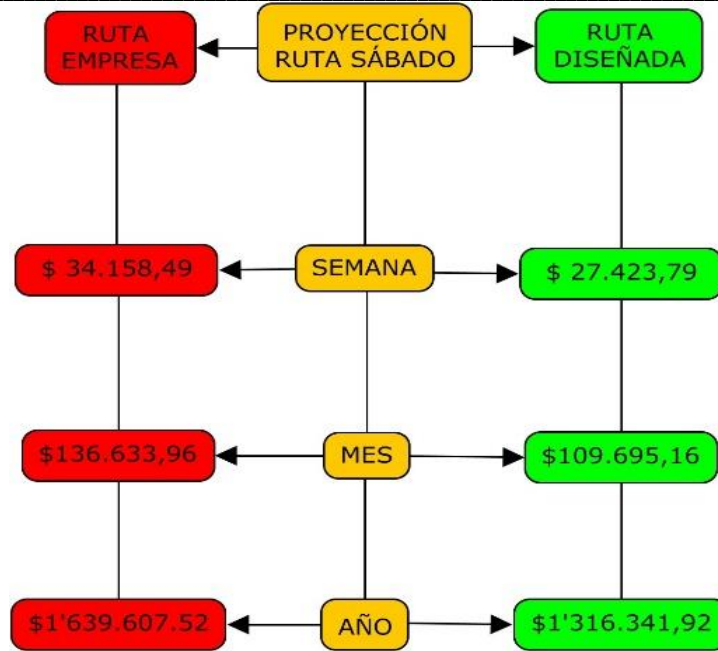
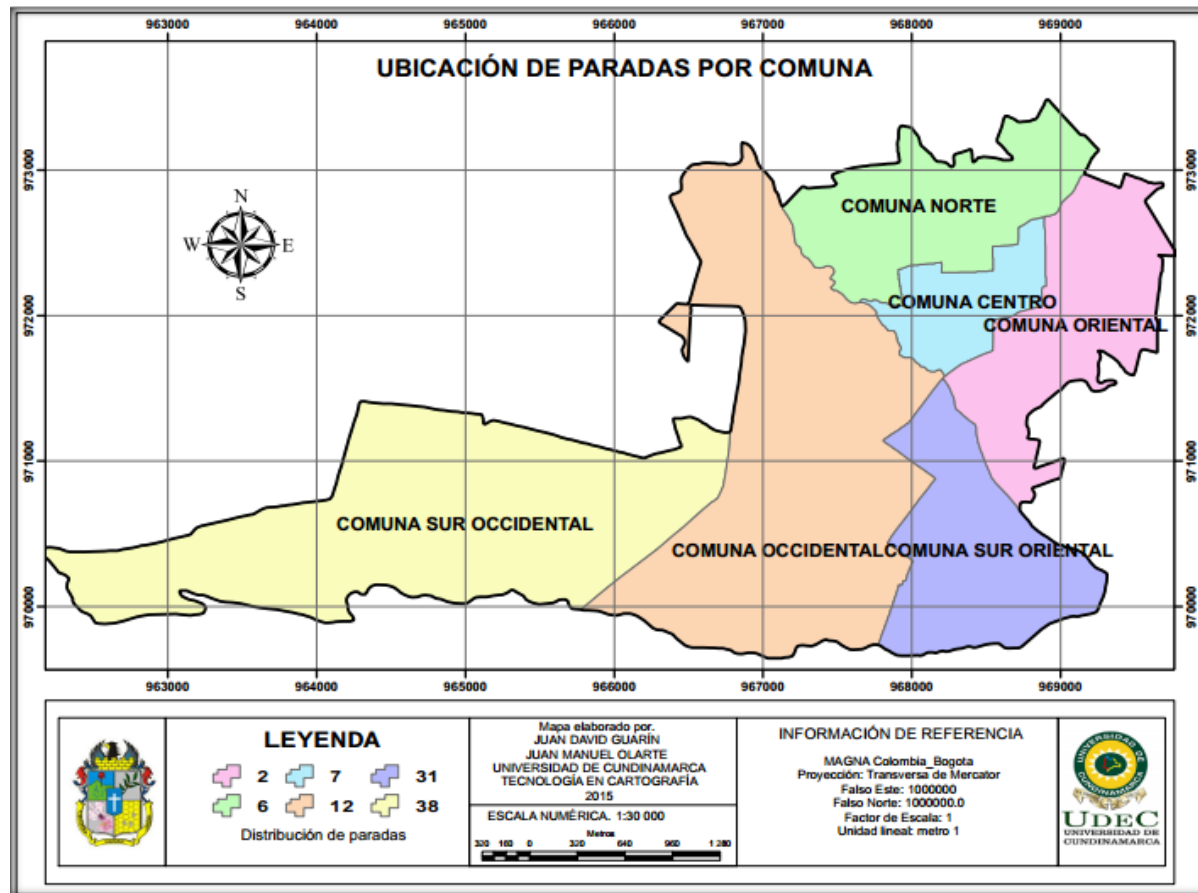


Gráfico 18. Proyección ruta sábado

## 10 OTROS ANÁLISIS Y PRODUCCIONES CARTOGRÁFICAS



Mapa 9. Número de paradas por comuna

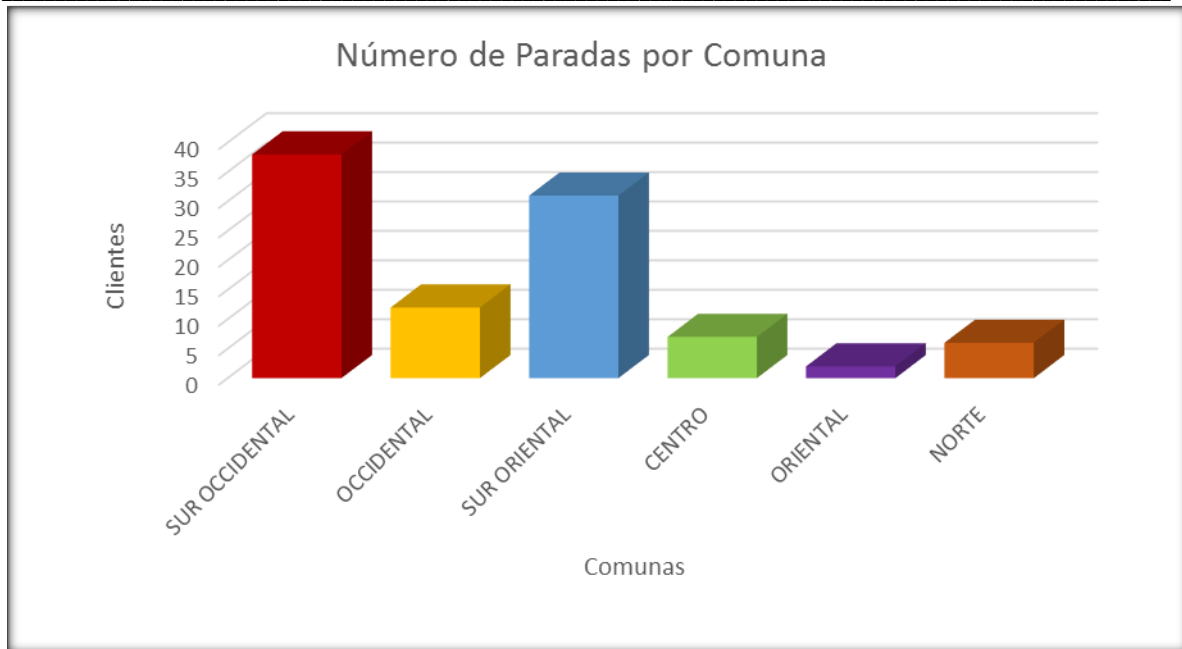


Gráfico 19. Número de clientes por comuna

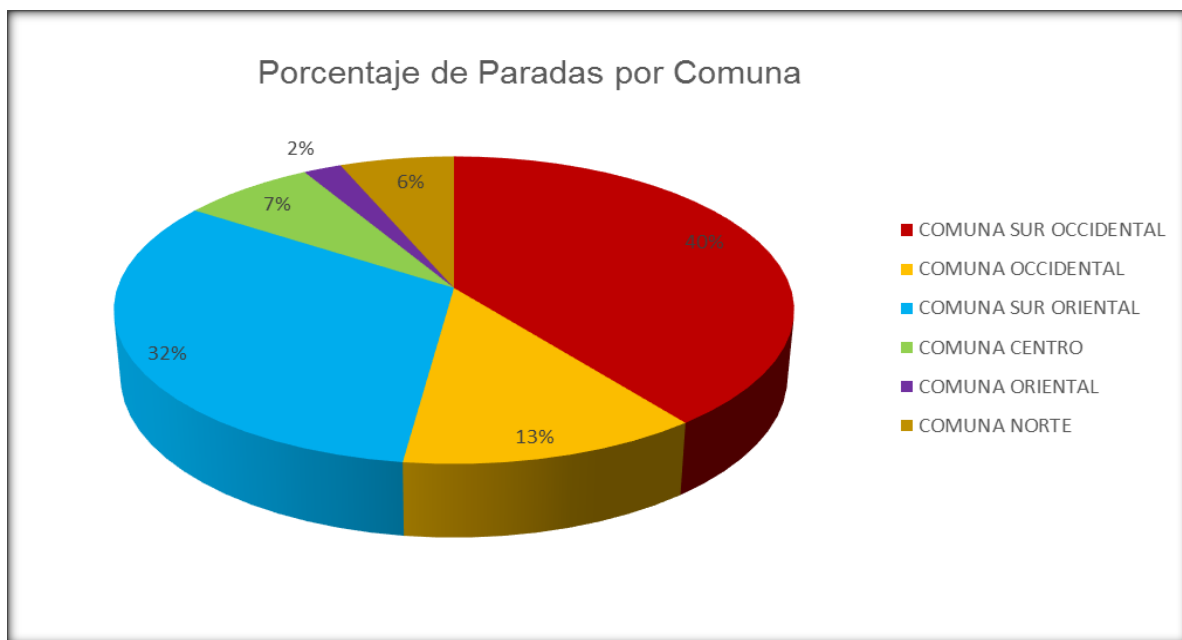
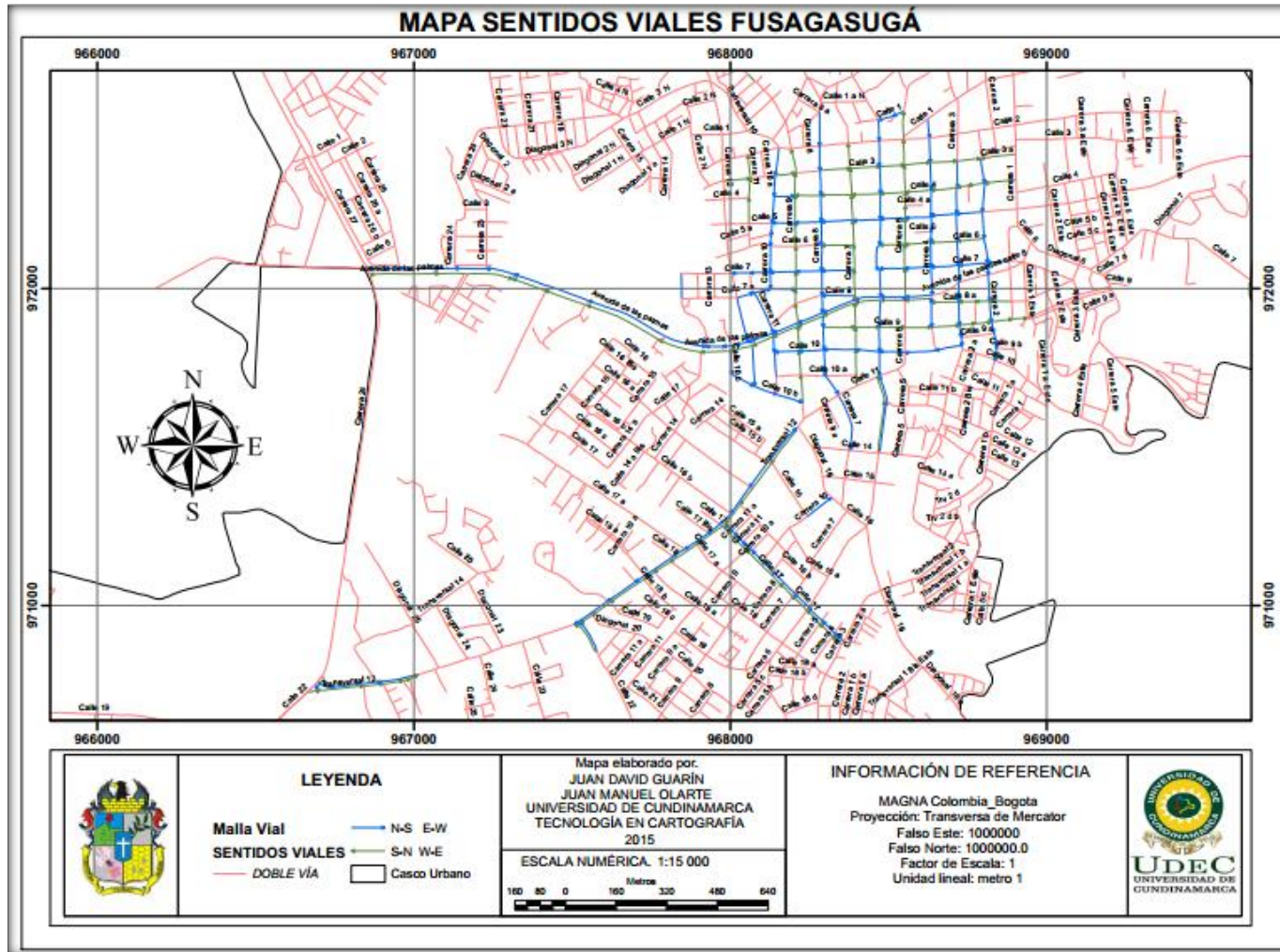


Gráfico 20. Porcentaje de clientes por comuna



En la gráfica 19 se muestra la cantidad de paradas que realizó el camión durante el recorrido de las dos rutas, la ruta viernes contiene las comunas occidental, sur oriental, centro, oriental y norte, y la ruta del sábado la comuna sur occidental. Si se analiza la gráfica, con la ruta del sábado no habrían ningún inconveniente al mantener esta ruta de distribución, puesto que es solo una comuna (sur-occidental), pero, en la ruta del viernes, se debe hacer una análisis más profundo y proyectar tal vez no visitar la comuna oriental, puesto que representa solo un 2% del total de paradas, como se observa en la gráfica 20, realizar una búsqueda de nuevos clientes para que realmente justifique el desplazamiento a dicha comuna, o por el contrario centrar las ventas para el día viernes en la comunas que más demanda presentan como la occidental y la sur oriental que son un 13% y un 32% respectivamente, y con las comunas norte oriental y centro realizar una nueva ruta de reparto, ya que las tres comunas tienen un punto de convergencia que en la parte sur de la comuna centro( **ver mapa 9**)





Mapa 10. Sentidos viales (ft-tf)



## 11. CONCLUSIONES

Luego de realizado el diagnóstico a la empresa, se concluyó que las principales falencias de las rutas eran: tiempo de duración y la extensa distancia del reparto puesto que no hubo un estudio previo para la creación de ellas sino que fueron acorde con el conocimiento del conductor y los ayudantes.

La solución implementada mediante el modelo de ruta diseñado para la actual situación de la empresa, resulto positivo, ya que se logró reducir la distancia de recorrido y duración del mismo, consiguiendo así una disminución significativa en el costo de operación del vehículo; disminución proyectada a corto y mediano plazo para evidenciar a mayor escala los resultados de la ruta óptima.

La aplicación de este proyecto como plan piloto para la distribución de productos lácteos de la “**Distribuidora H**”, permite tener las bases necesarias para el estudio y posterior diseño de las rutas de los días lunes a jueves, y las rutas realizadas a pie por el vendedor de turno con el fin de aumentar la eficacia y reducir el desgaste físico del mismo.

Este proyecto convierte a la “**Distribuidora H**”, en una empresa de productos lácteos más competitiva, con respecto a las otras empresas dedicadas al mismo campo de acción, puesto que con este estudio puede aumentar su radio de acción, ya que habría más tiempo para dedicarlos a la venta y/o conseguir nuevos clientes.



## BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía de Bogotá. (08 de 04 de 2015). [www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=54030](http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=54030). Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=54030>
- ALQUERIA. (19 de 10 de 2015). <http://www.alqueria.com.co/marca.php>. Obtenido de <http://www.alqueria.com.co/marca.php>.
- Barrientos, M. M. (08 de 09 de 2007). [www.comunidadism.es/wp-content/uploads/downloads/2012/01/Network-Analyst-El-An%C3%A1lisis-de-Redes-desde-ArcGIS-9.2.pdf](http://www.comunidadism.es/wp-content/uploads/downloads/2012/01/Network-Analyst-El-An%C3%A1lisis-de-Redes-desde-ArcGIS-9.2.pdf).
- Bosque. (1992).
- esri. (08 de 04 de 2015). [www.esri.es/es/productos/arcgis/](http://www.esri.es/es/productos/arcgis/). Obtenido de <http://www.esri.es/es/productos/arcgis/>
- Fusagasugá, A. d. (15 de 07 de 2015).
- garmin. (08 de 04 de 2015). [buy.garmin.com/es-ES/ES/explorando/descatalogados/gpsmap-76csx/prod351.html](http://buy.garmin.com/es-ES/ES/explorando/descatalogados/gpsmap-76csx/prod351.html). Obtenido de <https://buy.garmin.com/es-ES/ES/explorando/descatalogados/gpsmap-76csx/prod351.html>
- geaintec. (10 de 04 de 2015). [www.geaintec.cl/servicios/informacion-sig/analisis-modelado/analisis-espacial/](http://www.geaintec.cl/servicios/informacion-sig/analisis-modelado/analisis-espacial/). Obtenido de <http://www.geaintec.cl/servicios/informacion-sig/analisis-modelado/analisis-espacial/>
- Ignacio, c. R. (1990). *fundamentos de marketin*. barcelona: ariel.
- kelloggs. (19 de 10 de 2015). [www.kelloggs.com.co/es\\_CO/choco-krispis-consumer-brand.html](http://www.kelloggs.com.co/es_CO/choco-krispis-consumer-brand.html). Obtenido de [www.kelloggs.com.co/es\\_CO/choco-krispis-consumer-brand.html](http://www.kelloggs.com.co/es_CO/choco-krispis-consumer-brand.html): [http://www.kelloggs.com.co/es\\_CO/choco-krispis-consumer-brand.html](http://www.kelloggs.com.co/es_CO/choco-krispis-consumer-brand.html)



MARTHA.OSPINA. (12 de 09 de 2009). Obtenido de  
<http://www.bdigital.unal.edu.co/1239/6/05CAPI04.pdf>

MARTHA.OSPINA. (12 de 09 de 2009).  
[www.bdigital.unal.edu.co/1239/6/05CAPI04.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/1239/6/05CAPI04.pdf). Obtenido de  
<http://www.bdigital.unal.edu.co/1239/6/05CAPI04.pdf>

Martínez, M. A. (08 de 09 de 2007). [www.comunidadism.es/wp-content/uploads/downloads/2012/01/Network-Analyst-El-An%C3%A1lisis-de-Redes-desde-ArcGIS-9.2.pdf](http://www.comunidadism.es/wp-content/uploads/downloads/2012/01/Network-Analyst-El-An%C3%A1lisis-de-Redes-desde-ArcGIS-9.2.pdf). Obtenido de  
<http://www.comunidadism.es/wp-content/uploads/downloads/2012/01/Network-Analyst-El-An%C3%A1lisis-de-Redes-desde-ArcGIS-9.2.pdf>

Ministerio de transporte . (22 de 3 de 2011).  
[www.mintransporte.gov.co/descargar.php?id=290](http://www.mintransporte.gov.co/descargar.php?id=290). Obtenido de  
<https://www.mintransporte.gov.co/descargar.php?id=290>

mitsubishi. (19 de 10 de 2015). [mitsubishi.com.sv/vehiculos/fuso/](http://mitsubishi.com.sv/vehiculos/fuso/). Obtenido de  
<http://mitsubishi.com.sv/vehiculos/fuso/>

OSPINA, M. (12 de 09 de 2009). Obtenido de  
<http://www.bdigital.unal.edu.co/1239/6/05CAPI04.pdf>

Ospina, M. (12 de 09 de 2009). [www.bdigital.unal.edu.co/1239/6/05CAPI04.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/1239/6/05CAPI04.pdf).  
Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1239/6/05CAPI04.pdf>

QUINTERO, K. M. (04 de 12 de 2012).  
[bibliotecadigital.usbcali.edu.co/jspui/bitstream/10819/1106/1/Dise%C3%B1o\\_Tienda\\_Tienda\\_Moreno\\_2012.pdf](http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/jspui/bitstream/10819/1106/1/Dise%C3%B1o_Tienda_Tienda_Moreno_2012.pdf).

Real Academia Española. (8 de 4 de 2015).  
[buscon.rae.es/drae/srv/search?val=cron%F3metro](http://buscon.rae.es/drae/srv/search?val=cron%F3metro). Obtenido de  
<http://buscon.rae.es/drae/srv/search?val=cron%F3metro>

ROCHE.IGNACIO, C. (1990). *fundamentos de marketin*. barcelona: ariel.



Seguí. (1995).

SEGUÍ PONS, J. M. (11 de 07 de 2003).

spectraprecision. (15 de 3 de 2013).  
[www.spectraprecision.com/servlet/com.univ.collaboratif.utils.LectureFichiergw?ID\\_FICHER=4484](http://www.spectraprecision.com/servlet/com.univ.collaboratif.utils.LectureFichiergw?ID_FICHER=4484).  
Obtenido de  
[http://www.spectraprecision.com/servlet/com.univ.collaboratif.utils.LectureFichiergw?ID\\_FICHER=4484](http://www.spectraprecision.com/servlet/com.univ.collaboratif.utils.LectureFichiergw?ID_FICHER=4484).

TOMLINSON. (2003). *Thinking about GIS*. USA: ESRI Press. Redlands.

Valbuena, R. (15 de 02 de 2008). [ocw.upm.es/proyectos-de-ingenieria/sistemas-de-informacion-geografica-tecnicas-cuantitativas-para-gestion-de-datos/contenidos/WEB/APLICACIONES/rutas\\_redes.pdf](http://ocw.upm.es/proyectos-de-ingenieria/sistemas-de-informacion-geografica-tecnicas-cuantitativas-para-gestion-de-datos/contenidos/WEB/APLICACIONES/rutas_redes.pdf).  
Obtenido de  
[http://ocw.upm.es/proyectos-de-ingenieria/sistemas-de-informacion-geografica-tecnicas-cuantitativas-para-gestion-de-datos/contenidos/WEB/APLICACIONES/rutas\\_redes.pdf](http://ocw.upm.es/proyectos-de-ingenieria/sistemas-de-informacion-geografica-tecnicas-cuantitativas-para-gestion-de-datos/contenidos/WEB/APLICACIONES/rutas_redes.pdf)

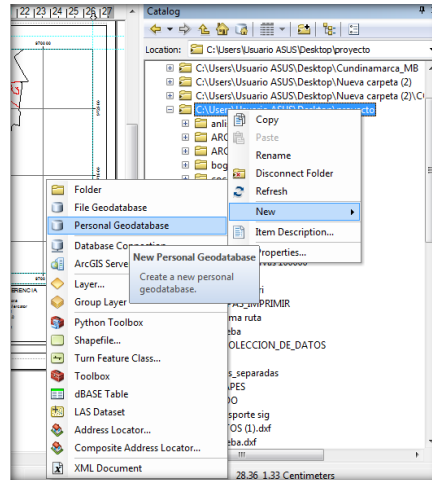
Venegas, P. A. (2005). Diseño y aplicación de un modelo de transporte para determinar una ruta óptima de distribución para la empresa PanMas Ltda.

## ANEXOS

### ANEXO 1

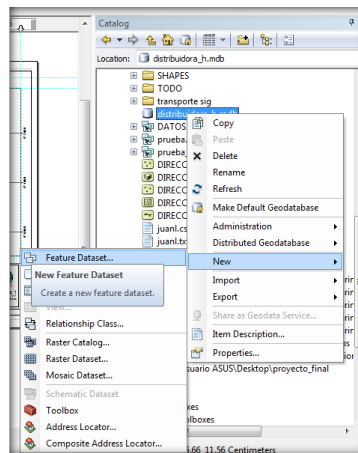
#### PROCESO PARA REALIZA UN RUTA ÓPTIMA DE DISTRIBUCIÓN EN ArcGIS

- Lo primero a tener en cuenta es que se debe crear una geodatabase, en donde se va a crear la ruta optima, entonces lo primero que se debe hacer es en el >arcatalog >crear la gdb.

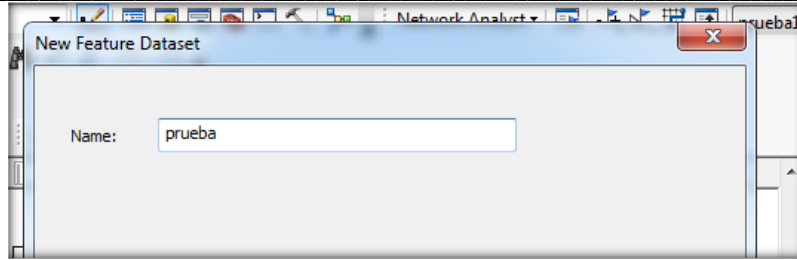


Entonces se va a la carpeta donde se quiere guardar, se da clic derecho>new>personal geodatabase, y se nombra como se quiera llamar.

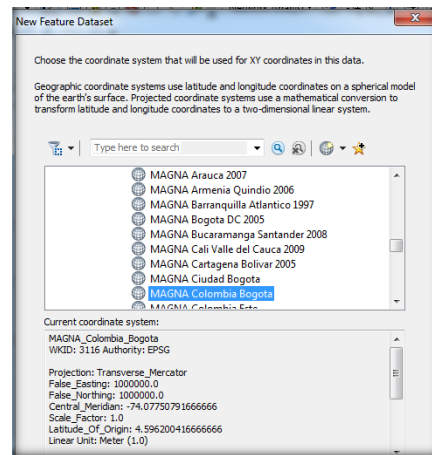
-El siguiente paso es crear un feature dataset



Para ello se da clic derecho sobre la gdb ya creada>new>feature dataset

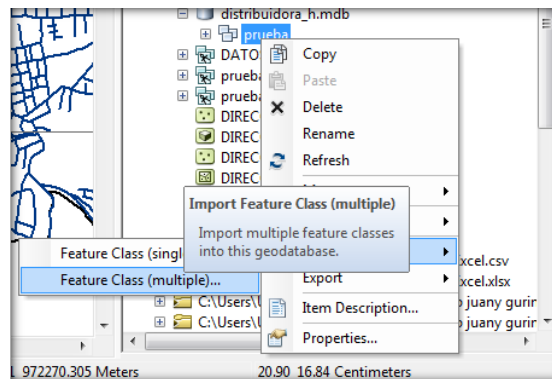


Y se siguen los pasos, se nombra.



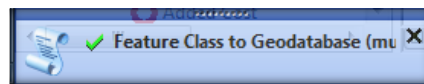
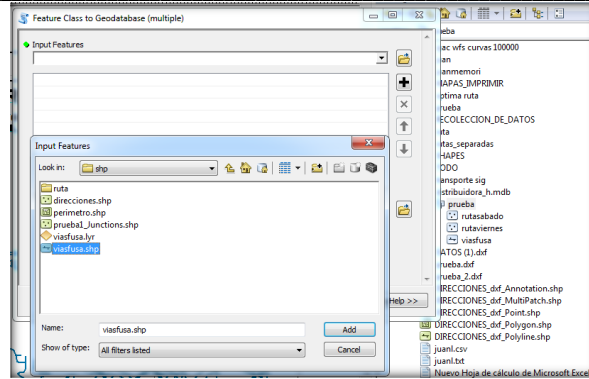
Se le da el sistema de coordenadas, y las siguientes dos ventanas se dejan en el sistema de coordenadas y unidades por defecto>finish.

-luego al feature dataset se importan los shp que se necesitan para crear la ruta optima, como serán los puntos GPS de las paradas del vehículo y el shp de la malla vial de Fusagasugá.



Sobre el feature dataset>clik derecho>import>feature class (multiple)> se cargan los shp>y se espera que se importen de manera correcta.



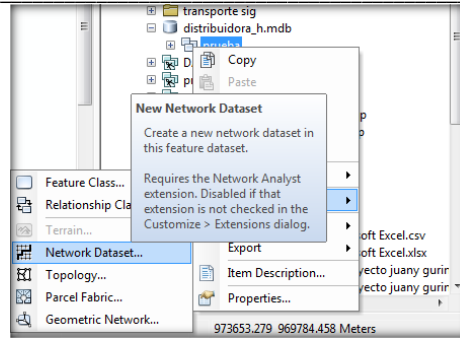


Cabe resaltar que al shp de malla vial, se le ejecutó la topología previamente, y en la digitalización del mismo se tuvo especial cuidado de que en cada intersección vial quedara un punto (nodo), esto para tener comunicación directa entre flujos viales, y contiene en su tabla de atributos una columna que define los sentidos viales norte-sur, este-oeste y sur-norte, oeste-este, con la codificación ft-tf (from-to, to-from), para que sea reconocido por el ArcGIS a la hora de crear la ruta óptima.

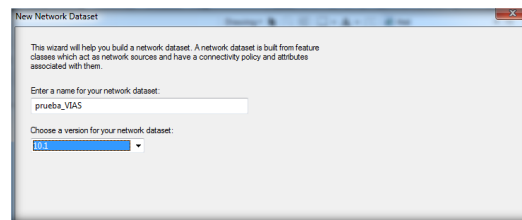
FID	Shape	descripción	Shape Leng	ONEWAY
3439	Polyline	Avenida de las palmas	174.159345	FT
3440	Polyline	Avenida de las palmas	100.848009	FT
3441	Polyline	Avenida de las palmas	97.608622	FT
3469	Polyline	Carrera 2	76.671269	FT
3473	Polyline	Carrera 10	31.782857	FT
3479	Polyline	Carrera 4	33.687701	FT
3512	Polyline	Carrera 10	65.513017	FT
3623	Polyline	Calle 1	39.727794	FT
3632	Polyline	Carrera 8	106.413587	FT
3945	Polyline	calle 10 B	0	FT
3955	Polyline		0	FT
3956	Polyline		0	FT
3957	Polyline		0	FT
3958	Polyline		0	FT
3959	Polyline	Avenida de las palmas	95.939446	FT
3960	Polyline	Avenida de las palmas	82.654695	FT
3963	Polyline		0	FT
3966	Polyline		0	FT
22	Polyline	Carrera 6	248.169215	TF
45	Polyline	Carrera 9	110.806513	TF
58	Polyline	Carrera 11	61.443989	TF
136	Polyline	Transversal 12	45.854624	TF
137	Polyline	Transversal 12	62.63486	TF
139	Polyline	Transversal 12	40.33137	TF
140	Polyline	Calle 22	114.777345	TF
142	Polyline	Calle 22	59.606541	TF

Ya teniendo la gdb creada, y en ella el feature dataset y allí cargados los shp, se procede a crear un network dataset

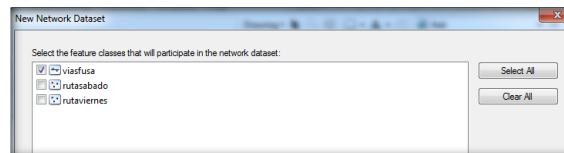




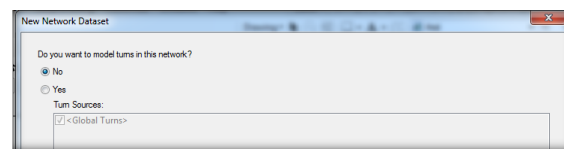
Sobre el feature dataset>clik derecho>new>network dataset>clik izquierdo y se siguen los pasos.



Se nombra>siguiente



Se seleccionan los shp con lo que se va a crear el network dataset, para esta caso “viasfusa”



Acá, se pregunta, si quiere que convertir el modelado en esta red, clic no>siguiente En la siguiente ventana, “connectivity”>any vertex>ok>siguiente.

Esto para crear el dataset en cada vértice, por ello el cuidado a la hora de digitalizar que se había mencionado con anterioridad.

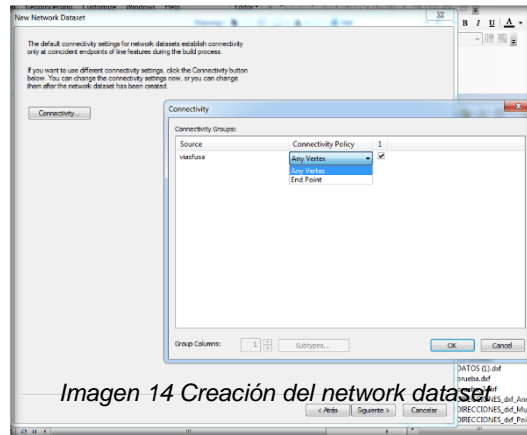
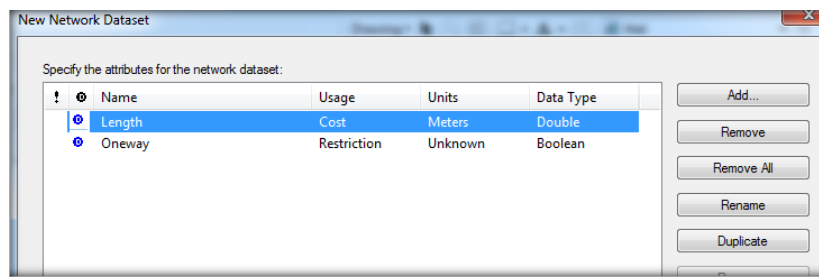
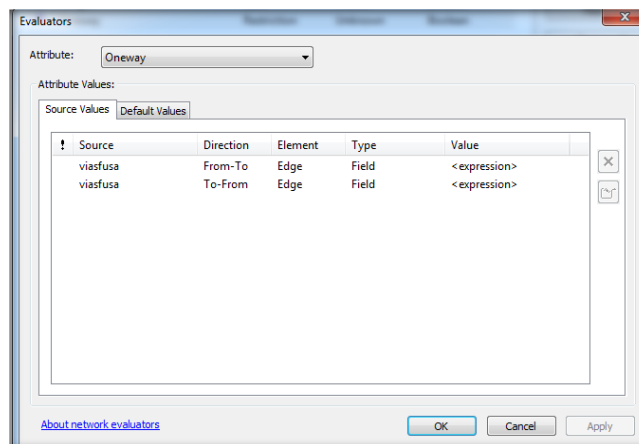


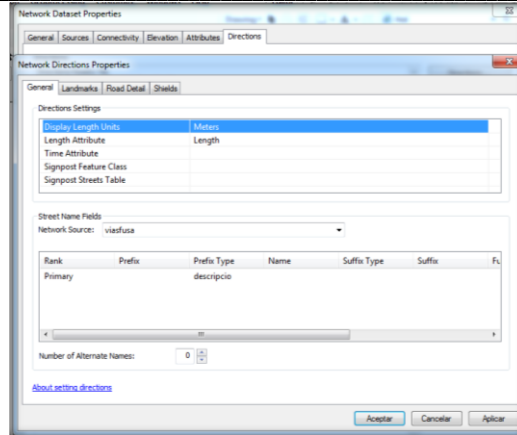
Imagen 14 Creación del network dataset



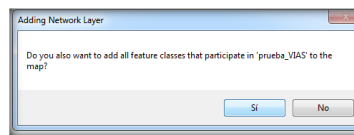
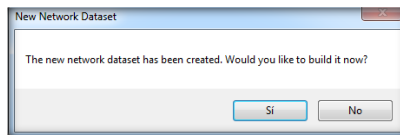
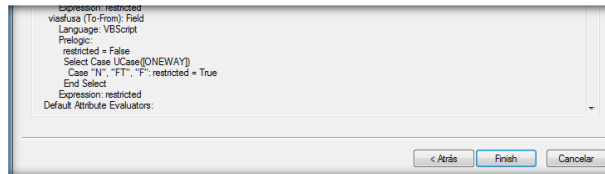
En esta ventana debemos especificar con que atributo se quiere hacer el dataset, para ello se escoge oneway (sentidos), atributo que previamente se generó en la tabla de atributos del shp (ft-tf): oneway>doble clic



En este paso se muestra como se realizara y se ve el from-to (tf) y el to-from (ft) que se había mencionado antes: ok>siguiente.

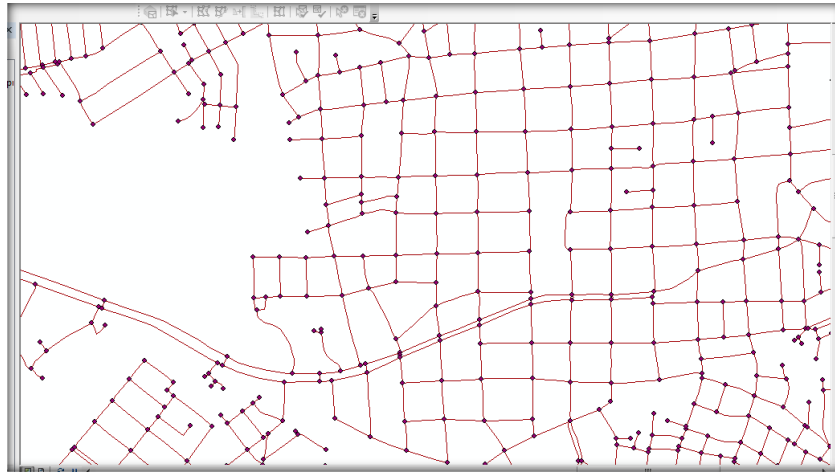


En este paso se establecen la unidades (meters), y en los rangos>primary>description, que ya se había ingresado (oneway)>aplicar>aceptar>siguiente>finish.



Ahora dice, el network dataset ha sido creado, desea trabajarlo ahora?>clic en si, y luego pregunta, desea verlo en el mapa?>clic en si, y se puede ver que se ha creado perfectamente, con un nodo en cada intersección vial.

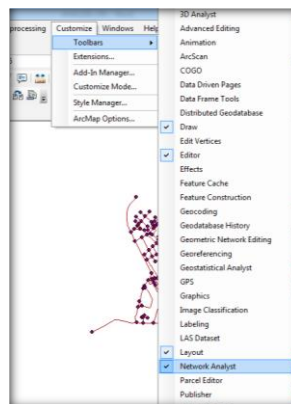




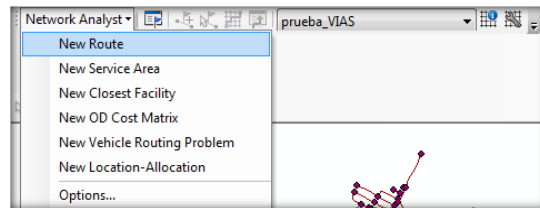
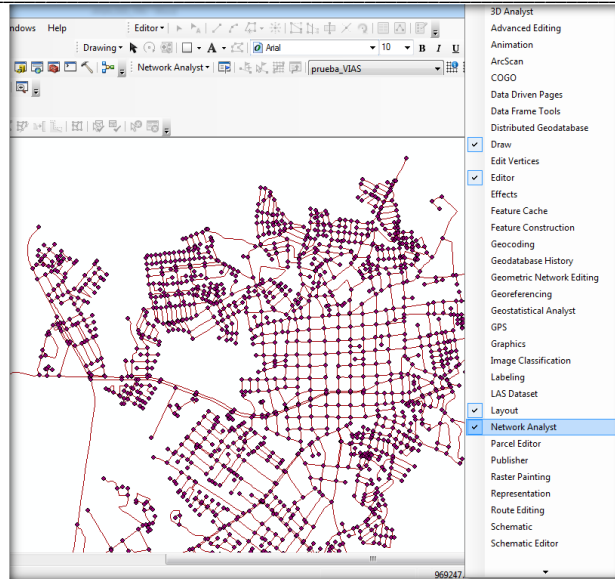
Observando más de cerca queda así.

El siguiente paso será crear la ruta óptima, para ello se debe activar la herramienta network analyst, entonces tenemos dos opciones.

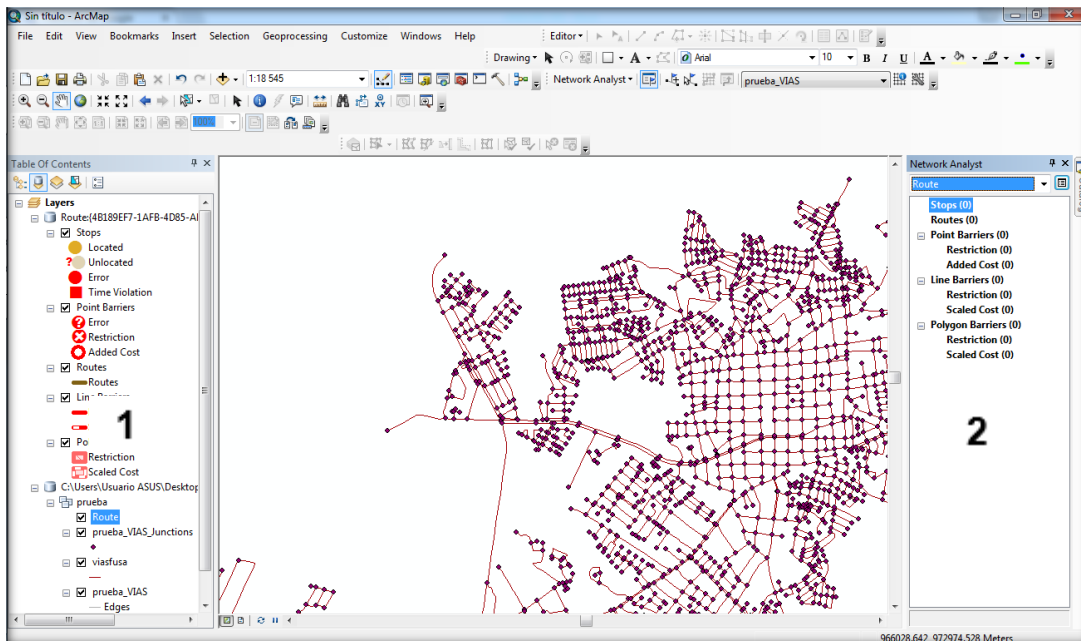
1 clic customice>toolbars>network analyst.



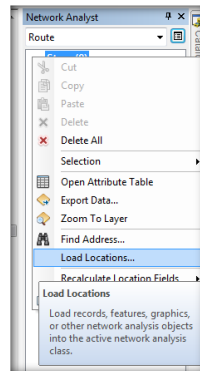
2 clic derecho sobre la cinta de opciones>network analyst



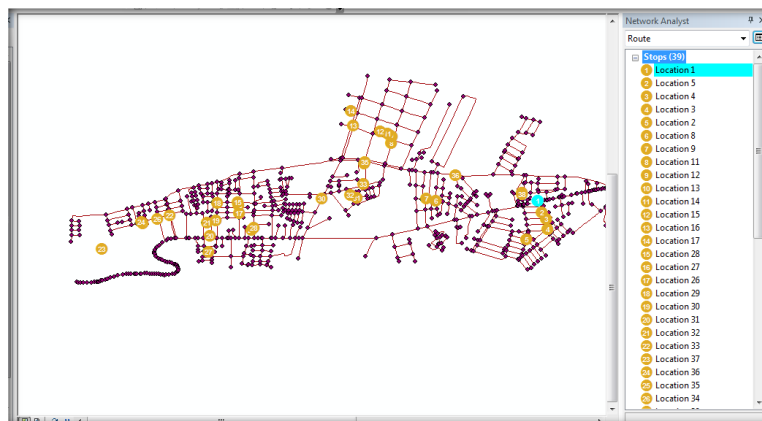
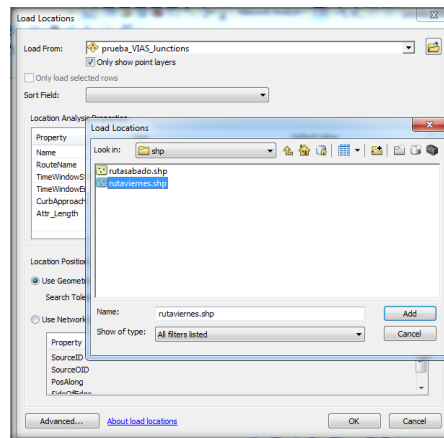
El siguiente paso es crear la nueva ruta. Network analyst>new route.




Y se observa como en la interfaz de ArcGIS en la toc aparecen, 1 los nuevos contenidos de la ruta, y 2 en el lado izquierdo las herramientas para crear y editar la misma, ahora se deben cargar las paradas del vehículo.

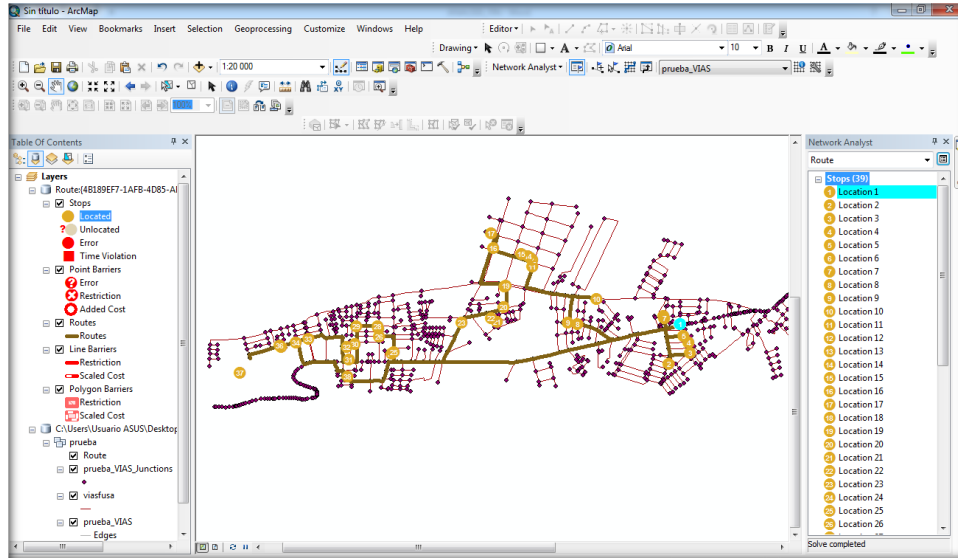


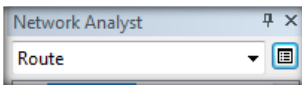

Se va hacia stops>Clic derecho>load locations, y se enruta el shp de paradas> add

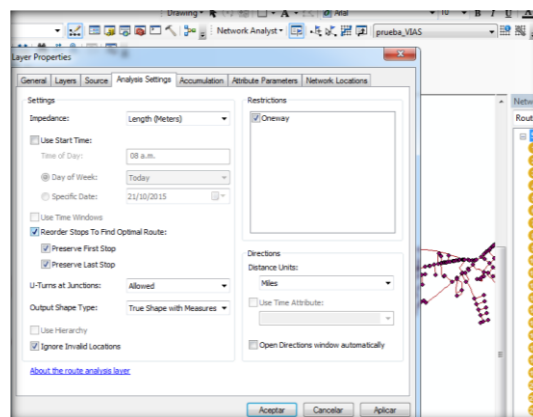


Y se observa como aparcan la paradas en el mapa y en las herramientas de new route.

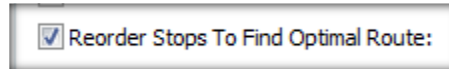
El proximo paso es correr la ruta. , con ayuda de esta herramienta se solucionará la ruta por defecto uniendo los puntos de acuerdo al orden cargado como se observa en la siguiente imagen, por tanto la ruta esta creada pero no optimizada.



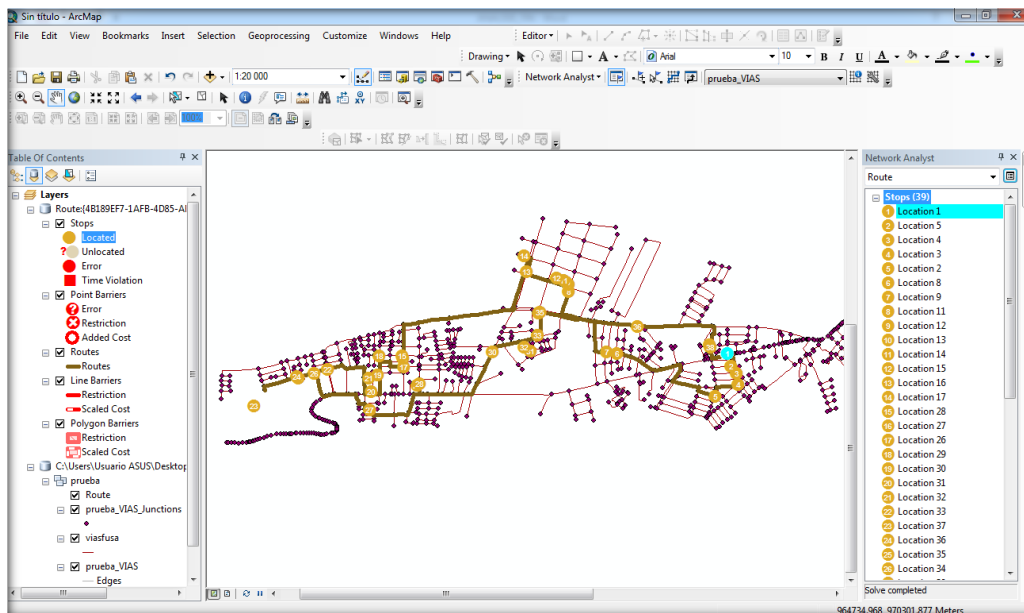
Para optimizarla, se va hacia la venta de networ Analyst  y clic , En la ventana que se despliega,



Se da clic en “reorder stops to find optimal route” reordenar paradas buscando la ruta óptima.



Y de esa manera se crea la nueva ruta optimizada.



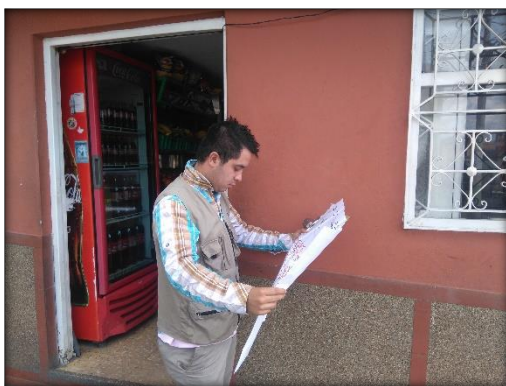


## ANEXO 2

### REGISTRO FOTOGRÁFICO



En estas fotografías se pueden apreciar los diferentes productos que distribuye la empresa.









Visita de tiendas y toma de datos, con punto gps, productos y cantidad de los mismos.



*Camión de reparto Mitsubishi canter capacidad 3.4 toneladas*



### Especificaciones Técnicas & Equipamiento

**MITSUBISHI FUSO**  
**CANTER**

	Canter 4 Toneladas	Canter 5 Toneladas
<b>DIMENSIONES (mm)</b>		
Largo/Ancho/Alto	6030/2035/2260	6750/2035/2260
Distancia entre ejes	3350	3850
Voladizo Delantero		1145
Voladizo Posterior	1480	1700
Troncho Delantero		1665
Troncho Posterior		1560
<b>PESOS (kg)</b>		
Peso Bruto Vehicular	6500	7500
Peso Bruto Vehicular Eje Delantero	2460	2800
Peso Bruto Vehicular Eje Posterior	4500	5100
Peso Seco	2465	2595
Capacidad de Carga Bruta	4035	4905
<b>DESEMPEÑO</b>		
Mix. Grado de Trepeo (a máx. carga)	44.5% (Tan 6)	37.5% (Tan 6)
Ratio mínimo de giro (m)	6,0	6,8
<b>MOTOR</b>		
	Mitsubishi 4N150-7A17	
Tipo	Diesel de 4 tiempos, 4 cilindros en línea, 16 vales, enfriado por agua	
Cilindrada (cc)	4899	
Sistema de Alimentación	Inyección Directa TDI - Sistema Common Rail	
Potencia máx. (HP/kW)	148 / 2700	
Torque máx. (kg.m/vpm)	48,1 / 1600	
Máxima velocidad de motor (rpm)	2900	
Norma de emisiones	EURO III	
<b>EMBRAGUE</b>		
Tipo	De Control Hidráulico, Monodisco Seco	
<b>TRANSMISIÓN</b>		
Tipo	2WD	
Relación de Transmisión	Mecánica de 5 velocidades y 1 reversa, Marcha sincronizada de 2do a 5to, 5,175 - 2,913 - 1,682 - 1,000 - 0,715 Rev. 5,175	
<b>EJE DELANTERO</b>		
Tipo	Viga "I"	
<b>EJE POSTERIOR</b>		
Tipo	Eje flotante, Reducción Simple	
Relación del Diferencial	5,714	5,714
<b>DIRECCIÓN</b>		
Tipo	Bolas recirculantes servosistidas, con columna de dirección telescópica y basculante	
<b>SUSPENSIÓN</b>		
Delantero	Muelles laminados semi-elípticos con amortiguadores de doble efecto, con boma estabilizadora	
Posterior	Muelles laminados semi-elípticos con amortiguadores	
<b>FRENOS</b>		
De Servicio	Hidráulico, Servoasistido por vacío, Doble circuito	
Delanteros y Posteriores	Tambores	
Estacionamiento	Tipo de expansión interna aplicado al cardán	
Auxiliar	Freno Motor (Escape)	
<b>SISTEMA ELÉCTRICO</b>		
Alternador	24 V AC - 50 A	
Baterías	2 x 12 Volt	

	Canter 4 Toneladas	Canter 5 Toneladas
<b>TANQUE DE COMBUSTIBLE</b>		
Capacidad (l)	100	
Adicionales	Filtro y Separador de Agua	
<b>RUEDAS Y NEUMÁTICOS</b>		
Cantidad	6 + 1 rueda de repuesto	
Delanteros	Simples, 7.50R16-14PR	
Posteriores	Dobles, 7.50R16-14PR	
Aros	Tipo disco, 16 x 6,00 GS	
<b>EQUIPAMIENTO</b>		
	Aire forzado, Calefacción Timón de altura regulable, Roda CD con 2 parlantes Velocímetro, odómetro y tacómetro Asientos tapizados en vinil, Asiento reclinable Cinturones de seguridad, 2 de tres puntos y 1 de dos puntos Abridores manuales, Espejo retrovisor interior, caja de herramientas Espejos laterales de control manual, tapa de combustible con llave, pisa de vinil Faros neblineros, Separador de agua Alarmas de retroceso Espejo de punto ciego	

**Canter 4 Toneladas**

**Canter 5 Toneladas**

Imagen 15 Ficha técnica Mitsubishi canter

fuentes: (mitsubishi, 2015)



### ANEXO 3

TABLA DE PRODUCTOS, PRECIOS Y CANTIDAD

	leche entera x 6	leche deslactosad	nutri day	m&m	leche entera x 400gr	avena canela x8	kellogs x6	jugo bolsa x 13	jugo botella x 450 gr	yogo cereal	crema de leche x 200	crema de leche x 8	crema de leche x 900	crema de leche x 10 k	chocolahe x 8
precios	14400	15300	830	1350	850	6000	4250	5000	850	1350	1600	7700	6100	75600	
punto gps															
136	1	1													
137	2	8						1	1			1			
138	3	5						1							
139	3	3													
140	9	12	12					1			10				
141	3	2													
142			6						4			1			
143	1								6						
144	1	1													
145		2		6											
146	5	5			4	1		2	1						
147		1			6										
148	2											2			
149		1			12						2				
150	2	1			10										
151			8		2		2								
152						1									
153		6						1	6	12					
154	1	1													
155		6		5	10						6	1			
156	1				6										
157		2													
158	2	2													
159	1	1													
160	1	1		3				2		1	1				
161		2									2				
162		2													
163	1	3		1											
164		2			4										
165		4			10										
166	1	1													
167	2	2				1									
168	2	6	6	6							6				
169	1	5			6			1							
170	2	4													
171	4	4													
172	4														
173	1	1		4		6									
total cantidad	56	97	32	25	70	9	2	9	18	13	29	3	0	0	0
totalprecio	806400	1484100	26560	33750	59500	54000	8500	45000	15300	17550	46400	23100	0	0	0
total ruta															2620160

